Pzj - S

MUS. COMP. ZOOL.
LIBRARY
FEB - 2 1961
HARVARD
UNIVERSITY

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

QUATRIÈME SÉRIE — TOME PREMIER — MÉMOIRES Nos 3, 4 ET 5

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE GÉOLOGIQUE

DU

HAUT-TONKIN

PAR

le Capitaine G. ZEIL

NOTE SUR LA GÉOLOGIE

DE

L'INDO-CHINE

PAR

H. LANTENOIS

INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES, DIRECTEUR DU SERVICE DES MINES DE L'INDO-CHINE

NOTE SUR LA GÉOLOGIE

DU

CAMBODGE ET DU BAS-LAOS

PAR

René de LAMOTHE

PARIS

AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

28, RUE SERPENTE, VI

1907

MÉMOIRES DE GÉOLOGIE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

Première Série (1833-1843)

Tome I. — Première partie (1833). . . . . Épuisé.

1. Jean Reynaud. Mémoire sur la constitution géologique de la Corse. — 2. De la Bèche. Sur les environs de la Spezia. — 3. Tournal. Observations sur les roches volcaniques des Corbières. — 4. Lill de Lilienbach. Description du bassin de la Galicie et de la Podolie. — 5. Elie de Beaumont. Sur l'étendue du système tertiaire inférieur dans le Nord de la France et les dépôts de lignites qui s'y trouvent. — 6. Pareto. Note sur le gypse du Tortonois. — 7. Viviani. Lettre à M. Pareto sur les restes de plantes fossiles trouvés dans les gypses tertiaires de la Stradella, près Pavie. — 8. Botta fils. Observations sur le Liban et l'Anti-Liban. — 9. Ch. Bertrand-Geslin. Description du terrain de transport à ossements du Val d'Arno supérieur.

Tome I. — Deuxième partie (1834) . . . . . Fr. 8

10. Desgenevez. Observations sur le Cantal, le Mont-Dore et la composition des roches volcaniques. 22 p., 1 pl. — 11. Reboul. Mémoires sur les terrains de comblement tertiaires. 18 p. — 12. Boué. Coup-d'œil d'ensemble sur les Carpathes, le Marmarosch, la Transylvanie et certaines parties de la Hongrie, rédigé en grande partie d'après les notes de voyage de M. Lill de Lilienbach. 22 p., 1 carte. — 13. Lill de Lilienbach. Journal d'un voyage géologique fait à travers toute la chaîne des Carpathes, en Bukowine, en Transylvanie et dans le Marmarosch. 80 p., 3 pl. — 14. Bertrand-Geslin Notice géognostique sur l'île de Noirmoutier (Vendée). 14 p. 1 pl. — 15. Jean Steininger. Observations sur les fossiles du calcaire intermédiaire de l'Eifel, 42 p., 4 pl.

Tome II. — Première partie (1835) . . . . . Fr. 8

1. Levallois. Identité des formations qui séparent dans la Lorraine et la Souabe le calcaire à Gryphites (Lias) du Muschelkalk. 28 p. — 2. Léveillé. Aperçu géologique de quelques localités très riches en coquilles sur les frontières de France et de Belgique. 12 p., 2 pl. — 3. Toulmouche. Note explicative de la carte géologique du département d'Ille-et-Vilaine, 2 p., 1 carte. — 4. A. Boué. Aperçu sur la constitution géologique des Provinces Illyriennes. 48 p., 1 pl. — 5. C. Prévost. Notes sur l'île Julia pour servir à l'histoire de la formation des montagnes volcaniques. 38 p., 3 pl.

Tome II. — Deuxième partie (1837). . . . . Epuisé.

6. Dausse. Essai sur la forme et la constitution de la chaîne des Rousses, en Oisans. — 7. d'Archiac. Mémoire sur la formation crétacée du Sud-Ouest de la France (1re partie). — 8. P. de Collegno. Essai géologique sur les collines de Superga, près Turin. — 9. F.-A. Dujardin. Mémoire sur les couches du sol en Touraine et description des coquilles de la craie et des faluns. — 10. Ch. Léveillé. Description de quelques nouvelles coquilles fossiles du département des Basses-Alpes.

Tome III. — Première partie (1838). . . . . Fr. 4

1. de Verneuil. Mémoire géologique sur la Crimée, 36 p. — 2. Deshayes. Description des coquilles fossiles recueillies en Crimée par M. de Verneuil et observations générales à leur sujet, 34 p., 6 pl. — 3. Pissis. Mémoire sur les formations stratifiées du midi de l'Auvergne, 16 p., 2 pl. — 4. G. Troost. Description d'un nouveau genre de fossile. 10 p., 3 pl. — 5. Michelin. Note sur une argile dépendant du Gault, observée au Gaty, commune de Gérodot (Aube). 8 p., 1 pl. — 6. de Buch. Traduit par H. Le Cocq. Essai d'une classification et d'une description des Térébratules (Première partie). 74 p., 4 pl.

Tome III. — Deuxième partie (1839) . . . . . Fr. 4

6. de Buch. Traduit par Le Cocq. Essai d'une classification et d'une description des Térébratules (Deuxième partie). 60 p., 4 pl. — 7. Thorent. Mémoire sur la constitution géologique de la partie Nord du département de l'Aisne et de l'extrémité Sud du département du Nord. 22 p., 2 pl. — 8. d'Archiac. Observations sur le groupe moyen de la formation crétacée, 52 p. — 9. Leymerie. Mémoire sur la partie inférieure du système secondaire du département du Rhône 66 p., 2 pl. — 10. Studer. Mémoire sur la carte géologique des chaînes calcaires et arénacées entre les lacs de Thun et de Lucerne, 24 p., 1 pl.

Tome IV. — Première partie (1840). . . . . Fr. 6

1. A. d'Orbigny. Mémoire sur les Foraminifères de la craie blanche du bassin de Paris, 52 p., 4 pl. — 2. Rozet. Mémoire géologique sur la masse de montagnes qui séparent le cours de la Loire de ceux du Rhône et de la Saône. 100 p., 3 pl. — 3. L. de Buch. Traduit par Le Cocq. Essai d'une classification et d'une description des *Delthyris* ou *Spirifer* et *Orthis*, 76 p., 5 pl.

Tome IV. — Deuxième partie (1841) . . . . . Fr. 6

4. J. Cornuel. Mémoire sur les terrains crétacé inférieur et supra-jurassique de l'arrondissement de Vassy (Haute-Marne). 62 p., 3 pl. — 5. Leymerie. Mémoire sur le terrain crétacé du département de l'Aube, contenant des considérations générales sur le terrain néocomien. 74 p., 2 pl.

Tome V. — Première partie (1842) . . . . . Fr. 6

1. Leymerie. Suite du Mémoire sur le terrain crétacé du département de l'Aube 34 p., 18 pl. — 2 Viquesnel. Journal d'un voyage dans la Turquie d'Europe. 94 p., 3 pl.

Tome V. — Deuxième partie (1843) . . . . . Fr. 10

3. d'Archiac. Description géologique du département de l'Aisne, 292 p., 4 tabl., 11 pl.

G. ZEIL, H. LANTENOIS et René DE LAMOTHE

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE GÉOLOGIQUE DE L'INDO-CHINE

Lille. — Imprimerie Le Bigot Frères, 68. rue Nationale, et 25, rue Nicolas-Leblanc.

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

Quatrième Série — Tome premier — Mémoire n° 3

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE GÉOLOGIQUE

DU

HAUT-TONKIN

(Feuilles de That-Khé, de Pho-Binh-Gia et de Loung-Tchéou)

PAR

le Capitaine G. ZEIL

PARIS

AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

28, Rue Serpente, VI

—

1907

MUS. COMP. ZOOL
LIBRARY
FEB - 2 1961
HARVARD
UNIVERSITY

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE GÉOLOGIQUE DU HAUT-TONKIN

Au cours des campagnes 1904-1905, 1905-1906, pendant que les officiers de ma brigade topographique levaient à 1/80 000 la région indiquée sur la carte géologique ci-jointe à 1/500 000, j'ai réuni les matériaux nécessaires au tracé de ses aires géologiques [1].

Ces aires comprennent :

Série sédimentaire : Brèche et poudingue, schistes et grès. Système X, sans fossiles ;
Schistes, calcschistes, calcaires. Silurien-Dévonien, fossilifère ;
Permo-Carbonifère, fossilifère ;
Trias, fossilifère ;
Terrain rouge, sans fossiles ;
Tertiaire lacustre, plantes fossiles ;
Alluvions.

Série cristallophyllienne : Schiste devenu gneiss par métamorphisme de contact.

Série éruptive : Granite ;
Microgranite ;
Diabase.

Il y a discordance, probable entre le Silurien-Dévonien et le système X ; certaine, entre le Permo-Carbonifère et les terrains sous-jacents ; certaine, entre le Trias et les terrains sous-jacents ; le terrain rouge transgresse au S.O. de la carte sur le terrain X ; c'est une formation supérieure au Rhétien houiller tonkinois et contenant elle-même des couches de charbon.

A. — Série sédimentaire.

Système X. — Le système X comprend les assises suivantes :

5. Calcschistes mats,
4. Grès calcifère,
3. Schistes et grès supérieurs,
2. Schistes et grès inférieurs,
1. Brèche et poudingue, assise inférieure.

1. La carte topographique est publiée à 1/100 000, en courbes et en couleurs par le Service géographique de l'Indo-Chine.

1. Brèche. — Éléments : quartzite et jaspe, variant de la grosseur d'un pois à celle du poing, vivement colorés; vert d'eau, vert végétal, bleu, rouge brun, noir; ciment siliceux susceptible de polissage. La brèche forme des masses considérables (fig. 1).

Poudingue. — Par suite de pressions orogéniques, le poudingue est souvent étiré. Il prend alors la structure schisteuse qui lui donne l'aspect d'un gneiss.

2. Schistes et grès inférieurs. — Alternance de schistes et de grès; les schistes dominent; ils sont siliceux, micacés, souvent phylladiformes. De nombreux filons de quartz traversent cette importante assise. Au N. O. de Bi-nhi, cette assise atteint une épaisseur de 4 000 mètres.

Fig. 1. — Coupe schématique de la rivière entre Na-meun et Ni-ca montrant le passage progressif des schistes à la brèche.

1. Schiste bleu normalement plissé ; 2. Schiste jaune normalement plissé ; 3. Schiste jaune finement plissé avec cassures nombreuses, légèrement oxydé ; 4, Schiste jaune fortement brisé, englobant quelques morceaux de quartzite. présente des traces d'oxydation ; 5, Zone de grès bleu à éléments très fins, aspect macroscopique éruptif ; 6, Brèche-poudingue à éléments bleus et blancs ; 7, Brèche franche décrite dans le texte.

3. Schistes et grès supérieurs. — Ici, domine le grès; à la surface, il est rouge vineux et tacheté d'oxyde de fer donnant lieu à des vacuoles; en profondeur, il est bleu, très dense et moucheté de pyrite; il passe souvent au quartzite.

4. Grès calcifère. — Faible assise de grès calcaire bariolé : vert, rose, bleu; contient des îlots de calcaire mat à grains très fins, de couleur claire, tantôt rosâtre, tantôt jaunâtre, tantôt bleuâtre.

5. Calcschistes mats. — Calcaire noir à grains très fins, parfois siliceux, en lits très minces admettant des intercalations de calcaire marneux de couleur jaune [1].

Silurien-Dévonien. — Le système silurien-dévonien comprend :

4. Calcaire bleu épais, sans fossiles,
3. Calcschistes à Ptéropodes,
2. Calcschistes à phtanites,
1. Schistes à *Spirifer*, assise inférieure.

Schistes à Spirifer.— Très riche en fossiles : Calymènes, Lamellibranches, Polypiers et nombreux Brachiopodes. Cette faune semble présenter des affinités avec la faune du Gothlandien supérieur de Chine et celle des États-Unis de l'Amérique du Nord.

Des espèces nouvelles et l'état souvent précaire des moules rendent les déterminations longues et fort difficiles: ce n'est donc qu'ultérieurement que paraîtront la nomenclature des fossiles et la description des espèces nouvelles.

Cette assise débute toujours par un lit variant avec le terrain sous-jacent — c'est ce qui me permet d'affirmer sa discordance avec le système X —, puis elle continue par une couche schisteuse de 50 à 100 mètres d'épaisseur; à sa partie supérieure, celle-ci admet des nodules calcaires à Polypiers (*Amplexus*, *Heliolites*) ; c'est le lit de transition entre l'assise à *Spirifer* et celle à phtanites qui la recouvre.

A Xuat-tac, le lit inférieur est schisto-calcaire à rognons fossilifères, car les Schistes à *Spirifer* reposent sur les calcschistes mats. A Nam-ma, à Cho-moï, le lit inférieur reposant sur l'assise des schistes et grès supérieurs est lui-même gréseux. A Na-bor nord,

1. L'échelle de 1/500 000 ne m'a pas permis de représenter les diverses assises.

à Hoan-ha, les schistes fossilifères reposent sur le grès calcifère. A Na-ché, à Ban-san, ils admettent à la base des lits minces, ou plutôt des îlots de calcaire noir. A Yen-lac sud, à Pien-do, ils reposent sur un calcaire gris que j'assimile au calcaire gris de l'assise du grès calcifère.

Le schiste de la couche médiane le plus riche en fossiles, est généralement jaune ; tantôt argileux, tantôt gréseux, il admet parfois des nodules de grès dont les couches externes se séparent en calottes concentriques.

Si j'insiste sur cette assise, c'est qu'elle constitue un des horizons typiques du Haut-Tonkin, déjà trouvé dans les feuilles de Bao-lac, Cao-bang, Ha-lang, That-khé, Pho-binh-gia, Tuyen-quang ; elle a des chances de l'être de nouveau, d'où le besoin de la décrire en détail.

En raison de son peu de résistance à l'érosion, l'assise des schistes à *Spirifer* se rencontre surtout au pied ou à mi-pente des murailles calcaires de la région.

Avant de poursuivre, je dois dire que, mes descriptions d'assises englobant une superficie de plus de 8000 kmq., on comprend dès lors que, le faciès variant, j'ai dû, pour limiter cette étude, comparer les diverses coupes prospectées, afin de pouvoir décrire une assise-type contenant à la fois les caractères saillants et les traits communs des diverses coupes.

Calcschistes à phtanites. — En lits très minces que séparent parfois des bandes de phtanites fossilifères (*Heliolites decipiens* Richthofen, du Silurien supérieur, Brachiopodes) les calcschistes sont fortement plissés.

A Tam-tri, ils admettent à la base des lits de calcaire pseudo-bréchoïde, voire même oolitique ; à Ngan-son j'y ai trouvé des Polypiers (*Calceola*) ; un peu partout, ils renferment des cristaux cubiques de pyrite de fer. Ils passent insensiblement à l'assise suivante, que j'ai cru devoir en séparer par suite de la présence de Rhynchonelles identiques à celles que Richthofen classe comme dévoniennes : *Rhynchonella procuboides*, in Richthofen, *Rhynchonella* cf. *parallelipipeda*, in Richthofen, *Rhynchonella Yunnanensis* de Koninck, in Richthofen.

Calcschistes à Ptéropodes. — Ainsi appelés à cause de la présence de nombreux Ptéropodes (*Hyolites*, *Tentaculites*, etc.) qui forment la majeure partie des couches schisteuses interstratifiées dans ces calcschistes. Ces schistes très caractéristiques, jaune clair avec liseré rouge ou bien violets, sont en lits de petite épaisseur, 0 m. 02 à 0 m. 04 ; ils renferment d'autres fossiles qui sont toujours de petite taille.

Les calcschistes les encadrant admettent aussi des Ptéropodes, mais en quantité moindre ; à la base, ils renferment les Rhynchonelles citées plus haut.

A Yen-lac j'y ai trouvé un lit houiller de trois centimètres d'épaisseur, encastré entre deux bandes de calcaire fuligineux. Cette houille du Dévonien probablement inférieur est brillante et fortement écailleuse. A Xuat-tac, j'ai trouvé une épaisseur de 200 mètres environ pour les deux assises à phtanites et à Ptéropodes.

Calcaire bleu épais. — Strates bien nettes, épaisseurs diverses, bien qu'en concordance avec les assises précédentes, paraît moins ondulé : il admet des lentilles de schiste bleu clair qui passe au vert-olive dans la zone recristallisée ; il n'est pas rare d'y voir la coupe de la figure 2.

Si les progrès de l'érosion ont amené les schistes à la partie supérieure, ceux-ci, très friables, ont été enlevés, et il reste la coupe de la figure 3, dans laquelle une prospection trop rapide peut faire classer les inclusions schisteuses, *a*, *b*, comme brèche de friction.

N'ayant pas trouvé de fossiles dans cette assise, je ne puis préciser son âge. Je dois toutefois ajouter que sa forte épaisseur — peut-être plusieurs centaines de mètres — et

Fig. 2. — Route de Ban-tinh à Na-meun.
c, Calcaire bleu épais ; *S*, Schiste.

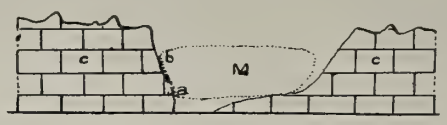


Fig. 3. — Route du Déo-mi-vi à Cho-ra.
a, *b*, Inclusions schisteuses ; *c*, Calcaire ; *M*, Ancienne lentille schisteuse.

l'existence du Carbonifère signalée depuis longtemps au S.O. de Phu-lien (montagne de l'Éléphant, exploration de M. Jourdy), ainsi que la présence d'un fragment de *Productus* carbonifèrien que j'ai ramassé non en place au sommet du plateau de Ban-san, permettent de supposer que cette assise est carbonifèrienne ; mais j'ajoute immédiatement que, s'il en était ainsi, vu la concordance constatée dans les assises allant des schistes à *Spirifer* au calcaire bleu épais inclus, il faudrait supposer le Dévonien moyen et supérieur réduit à la partie supérieure des calcschistes à Ptéropodes... ou bien leur absence, et, dans ce dernier cas, accepter cette bizarrerie du Carbonifère inférieur reposant en concordance sur le Dévonien, également inférieur. Ces deux suppositions me paraissant inadmissibles, j'ai donc, jusqu'à nouvelle étude, classé cette assise dans le Dévonien.

Permo-Carbonifère. — Calcaire gris clair, strates épaisses, souvent indiscernables, — à résonnance métallique — à la cassure, odeur fétide, — grain très fin. A la base, souvent pseudo-bréchoïde, et diversement coloré ; il incruste quelquefois les éléments roulés des roches sous-jacentes.

A la partie moyenne, il renferme des bancs à cassures spathiques fossilifères. Xuan-xa : *Productus gratiosus, P.* cf. *spiralis, Reticularia* cf. *lineata, Spirifer* cf. *oldhamianus, S. striatus, Spirigerella* sp., tous signalés dans l'Artinskien du Salt-Range de l'Inde.

A Toug-noc, la partie inférieure montre des Fusulines incrustées dans des phtanites. Au Kim-hi, sans tenir compte de l'érosion, son épaisseur atteint 4 à 500 mètres (pl. II ; coupe III).

Trias. — A Na-ton, sous une épaisseur de 100 à 150 mètres, il présente la succession :

6. Grès vacuolaire,
5. Marne et argile schisteuse,
4. Calcaire marneux à Gastropodes,
3. Schistes mouchetés très argileux, fossilifères,
2. Schistes à blocs du calcaire ci-dessous,
1. Calcaire lithogr., couche mince, assise infér^{e}.

La zone 1 repose en discordance sur le grès calcifère et sur les schistes à *Spirifer*.

A Na-tack, l'argument paléontologique manquant, c'est seulement sur l'argument stratigraphique et sur le faciès que j'ai attribué l'âge triasique à l'îlot indiqué par la carte. De Pac-binh à Tri-xuyen, M. Mansuy, a trouvé une zone triasique à Myophories continuant celle de Lang-son.

Terrain rouge. — Sans fossiles, c'est une succession de schistes argileux encastrant à Thaï-nguyen des lits de houille maigre, postérieure à celle du Rhétien.

L'érosion du terrain rouge donne lieu à la formation de collines isolées très caractéristiques. Au Nord de Thaï-nguyen ce terrain est très mince, ce qui explique le bas Song-cau coulant sur un lit de grès du système **X** entre deux rives de terrain rouge, ce qui explique également les témoins du système **X**, pointant au milieu des collines de terrain rouge.

Tertiaire lacustre. — Occupe l'ancien bassin fermé de That-khé dont les eaux s'écoulent maintenant par le Song-ki-kong (fig. 4).

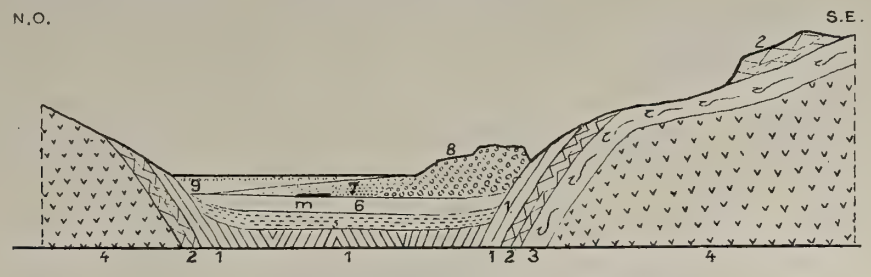


Fig. 4. — Coupe schématique de la cuvette de That-khé.

9. Alluvions, argile rouge à la base, au sommet galets de microgranite et quartz ; 8, Poudingue ; 7, Grès meuble, psammites contenant des lits de lignite *m* à la base ; 6, Couche argilo-calcaire, gréseuse au sommet, feuilles fossiles ; 5, Couche argilo-calcaire rougeâtre avec rognons teintés de vert ; 4, Microgranite à gros grains ; 3, Zone diabasique schisteuse à la périphérie ; 2, Schistes agglutinés recristallisés ; 1, Schistes du système **X**, très redressés.

Le poudingue qui borde la cuvette de That-khé à l'E. et au S. a été classé tertiaire (lignite dans les psammites qui en dérivent). Il comprend des galets de quartzite, de jaspe, de quartz, de grès et de schiste ; son ciment siliceux serait aurifère ; les Chinois y ont fait jadis des lavages.

Bien que le bassin de That-khé soit presque complètement entouré de microgranite, il est à remarquer que le poudingue (40 à 50 mètres d'épaisseur) ne contient aucun débris de microgranite ; il faut en conclure soit à une venue éruptive postérieure au poudingue tertiaire, soit à une récente mise à jour du microgranite.

J'incline de préférence vers la première hypothèse, et cela parce que les couches d'argile et le poudingue lui-même présentent des failles probablement contemporaines de celles ayant facilité la venue microgranitique.

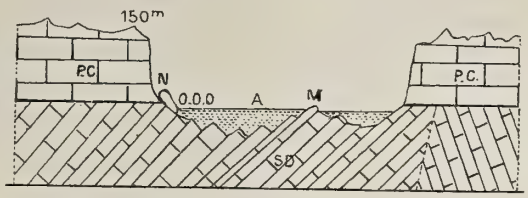


Fig. 5 — Coupe schématique d'un cirque.

PC, Permo-Carbonifère ; *SD*, Silurien-Dévonien ; *A*, Alluvions ; *M*, Témoin silurien-dévonien ; *N*, Permo-Carbonifère éboulé.

Alluvions. — Dans les masses calcaires, il n'est pas rare de trouver des cirques fermés (région du Bac-son) où les fonds, bien que privés d'adducteurs, sont alluvionnaires : comme les murailles ont souvent 100 et même 200 mètres au-dessus du plafond du cirque, on peut se demander comment ces cavités se sont formées.

La coupe des parois (fig. 5) donne la clef de la solution ; elles se composent presque toujours de deux zones calcaires dont la supérieure *PC* est souvent horizontale et dont l'inférieure *SD*, fortement plissée, est devenue la proie des eaux d'infiltration; par suite, le Permo-Carbonifère, privé de son support, s'est affaissé ou diaclasé; dans le premier cas, les eaux vives ont façonné des cirques, et dans le second elles ont donné lieu aux couloirs également si fréquents dans la région.

B. — Série cristallophyllienne et série éruptive.

Gneiss. — Il forme l'auréole de la masse granitique du Phan-ngame (planche II, coupe 1). J'en ai également trouvé entre Cho-ra et Ban-vaï, recouvrant la partie N.O. du Phia-bioc.

Il est nettement le produit d'une recristallisation des roches sédimentaires sous lesquelles la roche éruptive est venue se loger.

Du Phan-ngame au Cao-na-peï, on peut suivre la succession suivante (fig. 6) :

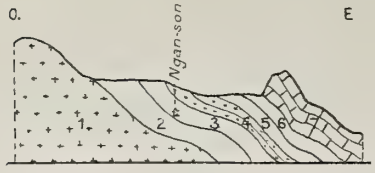


Fig. 6. — Coupe schématique du Phan-ngame au Cao-na-peï par Ngan-son.

1, Granite franc à mica noir ; 2, Aplite à mica blanc ; 3, Même roche que 2, mais étirée ; 4, Gneiss ; 5, Schiste vert de l'assise du calcaire bleu épais, dévonien, les lamelles sont séparées par des plans de mica et de feldspath; 6, Même roche que 5, chloriteux, lustré, micacé, sans feldspath visible à l'œil nu, onctueux au toucher ; 7, Calcaire de la même assise, tantôt zoné de blanc, tantôt saccharoïde.

De nombreux filons quartzeux et diabasiques (roche verte) recoupent ou s'interstratifient dans les couches 4, 5 et 6. Lorsque diabase et quartz se sont intercalés entre schiste et calcaire, les quartz sont souvent métallisés. A Ngan-son, ils sont accompagnés de galène et d'un minerai composite; à Ban-kau et Kéo-len, ils sont aurifères; à Ban-kau, la tradition veut que les Chinois aient jadis exploité du minerai de zinc ; on m'a bien montré des puits comblés, mais je n'ai pu vérifier la présence du minerai.

De Bac-kan à Tong-hoa-phu, les schistes du système **X**, au contact du granite, n'ont pas l'aspect gneissique; ils ont conservé leur schistosité, mais leur structure est nettement cristallisée sur deux kilomètres d'épaisseur; de 2 à 5 km. du contact, ils sont mouchetés de nodules grisâtres ; le nombre des mouches décroît avec l'éloignement ; de 3 à 8 km., ils sont graphiteux; enfin, jusqu'à 25 km. du contact, tous les schistes, qu'ils soient du système **X** ou du Silurien-Dévonien, sont micacés, et les calcaires sont plus ou moins zonés de blanc. En revanche, à Déo-vaï et au Kim-hi, le calcaire du Permo-Carbonifère n'est pas métamorphisé.

A Ban-vaï, au contact du granite, le calcaire est complètement recristallisé et montre des mouches graphiteuses.

Avant d'aborder le métamorphisme de contact produit par le microgranite, je dois dire quelques mots des roches éruptives.

Granite. — Deux massifs importants : celui du Phia-bioc, fortement décapé de son manteau sédimentaire, et celui du Phan-ngame, encore enveloppé de ce manteau; en effet, c'est seulement au sommet du dôme (1267 m. d'altitude, 269 m. à la base) que

l'érosion du Phan-ngame permet de voir la roche éruptive en place (pl. II, coupe I).

Ces deux massifs, comme celui de Pia-ouac, situé au N.O. du Phan-ngame, sont de la même famille pétrographique et géographique.

Je n'ai pas besoin d'ajouter que, dans un massif de 30 kilomètres sur 10 à 15, comme celui de Phia-bioc, on peut recueillir des échantillons bien différents ; en effet, alors que l'échantillon moyen est un granite franc à mica noir, au Nord-Ouest de Ban-vaï, le granite m'a semblé cataclastique, et au Sud, des cours d'eau, descendus du massif central, m'ont donné du granite à mica blanc, du granite à tourmaline, des pegmatites, des granites bleus à texture porphyrique, des aplites diverses, qui font espérer la rencontre de gîtes stanifères ; de tels gîtes sont déjà en exploitation dans le Pia-ouac.

Microgranite. — Roche microgrenue, à deux stades de consolidation.

L'inspection de la carte montre la zone microgranitique Cao-sam-sao, Cao-sam-tang, Cao-pien, Cao-khiem, entourant presque géométriquement la masse granitique Phan-ngame, Phia-bioc, Lung-nhi ; entre ces deux grandes masses, de nombreux pointements microgranitiques (Po-sien, Cho-moï, Tong-noc, etc.) trouent les terrains sédimentaires comme témoins de la relation pouvant exister entre le granite et le microgranite. Dans les calcaires du Bac-son, à Hou-Len ; dans ceux de Van-linh ; dans ceux de Dong-khé, au Nord et au Sud de Bi-nhi, le même microgranite présente des filons et des pointements.

Diabase. — Roche ophitique, couleur verte, devient grenue en s'altérant.

Les filons diabasiques de Ngan-son et ceux de Yen-lac sont les mêmes que ceux issus de la masse microgranitique de l'Est (Dong-khé, Po-ma, etc.) ; en certains points, lorsque cette masse a été faiblement recouverte, le microgranite passe à la diabase ; c'est le cas de la partie supérieure du filon Cao-sam-sao, Lung-Phaï ; c'est le cas du dyke de Ban-quan ainsi que de la partie sud de la cuvette de That-khé (fig. 4). Au Nord de Cao-pi, la cascade du Song-bac-giang (40 à 50 mètres de hauteur) est microgranitique à la base et diabasique au sommet.

Microgranite et diabase datent donc de la même époque ; d'autre part, entre Na-ban et Ta-lua, sur la rivière descendant du Cao-sam-sao, le cours d'eau roule sur des schistes très redressés du système X, alors que ses deux rives, fortement élevées, sont microgranitiques. En d'autres points que la carte (pl. I) indique suffisamment, on voit d'anciens témoins de la couverture schisteuse qui enveloppait précédemment le dôme du Cao-sam-Tang et du Cao-pien ; les flancs de ces mêmes dômes ont soulevé les schistes en contact (Ban-pinh, Po-ma, etc.).

En rapprochant tous ces faits, la conclusion qui s'impose est l'existence d'un magma abyssique ayant injecté des dômes (laccolites) et des failles ; les laccolites (Cao-piem, Cao-sam-tang), grâce à leur couverture sédimentaire et grâce à leur masse, ont cristallisé en structure microgrenue ; les failles (Lung-phaï, Tong-noc, Yen-lac, Ngan-son, etc.), en raison de leur peu d'ouverture ont permis un refroidissement plus rapide donnant lieu à la structure ophitique.

Au point de vue tectonique de ce qui précède, il y a lieu de retenir :

1° Plissements ayant permis la mise en place du granite ;

2° Dislocations ayant amené l'injection du microgranite

Au contact des laccolites (microgranite franc), sur une épaisseur de 60 à 100 mètres, les schistes ont perdu toutes traces de leur schistosité et sont complètement imbibés par la roche éruptive, le passage de la roche éruptive à la roche encaissante est insensible ; au-dessus de cette couche imbibée se trouve une zone schisteuse dont les éléments inférieurs ont été finement cassés, triturés même, puis agglutinés ; ils sont fortement ferrugineux et admettent des éléments quartzeux.

Au contact des diabases les schistes argileux durcissent et cristallisent, tout en conservant leur schistosité. Il arrive souvent que les diabases et les schistes métamorphisés en contact soient divisés en petits parallélipipèdes réguliers ; je n'ai pu distinguer si ce phénomène était le résultat du retrait de la roche ou celui d'influences tectoniques.

Le filon de microgranite qui jalonne la bande de calcaire permo-carbonifère de Tong-noc a injecté ce dernier et donné lieu à une roche composite, granuleuse, où l'étude macroscopique fait voir des éléments feldspathiques encadrant des éléments de carbonate de chaux très peu métamorphisés.

A Van-mit, près du champ de tir du poste, le microgranite renferme des morceaux de calcaire gros comme le poing, nullement ou peu métamorphisés.

Au Sud de That-khé, j'ai trouvé un échantillon de microgranite franc encastrant complètement un témoin de graphite de la grosseur d'une noix.

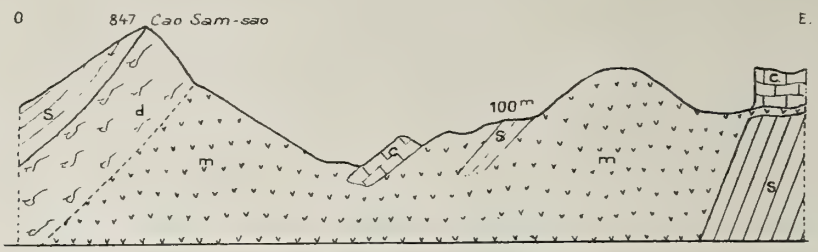


Fig. 7. — Coupe schématique par le Cao-sam-sao.
m, Microgranite ; *d*, Diabase ; *c*, Calcaire ; *s*, Schiste.

Sur le filon diabasique de la rivière de Cu-lé reposent des schistes à Ptéropodes, complètement cristallisés et montrant leurs fossiles également métamorphisés, mais non déformés.

Sur la route de Dong-khé à Nam-nang, le microgranite montre des inclusions schisteuses et calcaires noyées dans la pâte éruptive (fig. 7).

Au point de vue éruptif, je dois également signaler les obsidiennes ellipsoïdales (0.04-0.02) de couleur verdâtre, trouvées dans les schistes mous du poste de Ta-lung ; elles sont sûrement d'origine volcanique ; mais j'ai vainement cherché des témoins de l'appareil les ayant engendrées.

En terminant la partie traitant des produits de l'éruptivité interne ou externe, il est bon de rappeler que la région Cao-bang, Lang-son est annuellement au moins le siège de mouvements séismiques constatés sans le secours d'appareils enregistreurs. Certains points, entre autres le point géodésique « Petit rocher », sont le siège de déviations magnétiques très marquées.

Tectonique de détail et faciès topographiques concomitants

La transgression du Silurien-Dévonien ?, celle du Permo-Carbonifère, celle du Trias (j'omets sciemment celle du Terrain rouge dont je n'ai pu faire une étude détaillée) et les failles du Tertiaire rapprochées des venues éruptives, dont l'une a métamorphisé le Dévonien (Ngan-son) et dont l'autre a traversé le Trias, constituent les arguments qui permettent de fixer à peu près l'âge de la venue des roches éruptives.

Le métamorphisme du Silurien-Dévonien, le non-métamorphisme du Permo-Carbonifère, les gisements stanifères du Pia-ouac que l'on est en droit de rapprocher de ceux des îles de la Sonde, m'ont amené à classer les plissements tectoniques ayant favorisé la venue granitique entre le Dévonien et le Permo-Carbonifère (plissements hercyniens).

Le peu d'amplitude des plis du Permo-Carbonifère et du Trias, les failles du Tertiaire lacustre de That-khé, la texture cataclastique du granite de Ban-vaï, les dislocations ayant amené l'injection microgranitique m'inclinent à placer cette venue après le dépôt du Tertiaire de That-khé, probablement à la même époque que les effondrements massifs dont les îles de la Sonde paraissent être les témoins. Les dislocations ont été accompagnées de tassements et du resserrement des plis déjà existants (allure extraordinairement resserrée des plis du système **X** : Pac-boc E., Éléphant E., Ninh-tuong E., Tri-lé N.O.).

En raison des transgressions citées plus haut, bien que pouvant exister, je n'ai pas trouvé d'arguments en faveur des plissements anté-siluriens-dévoniens, ni en faveur de ceux intermédiaires entre les plissements hercyniens et les dislocations tertiaires.

Ceci étant posé, nous pouvons aborder l'étude du détail.

A la première inspection, ce qui frappe surtout le lecteur de la carte, c'est la carapace calcaire qui s'étale à la surface du terrain représenté [1].

Trois masses calcaires, celle du Bac-son, celle de Xuan-Xa, celle du Kim-hi, empruntent au Permo-Carbonifère leur principal substratum.

Deux alignements calcaires, celui de Dine-ca et celui de Tong-noc, montrent à la fois le système silurien-dévonien et le Permo-Carbonifère.

Un troisième faciès (Ban-tinh, Coc-xo, Ngan-son, Cho-ra, Na-bor) montre des surfaces schisteuses, littéralement semées de témoins calcaires isolés : tantôt calcaire bleu épais, reposant sur les calcschistes à Ptéropodes, tantôt calcschistes à Ptéropodes seulement, suivant la marche progressive de l'érosion. Sauf des parcelles infimes restées comme preuves de son existence dans ces régions, le calcaire permo-carbonifère n'apparaît plus ; seul subsiste le Silurien-Dévonien.

Le casier de Dong-khé, formé de plis rapprochés, est, en gros, constitué d'éléments calcaires appartenant à la fois au Silurien-Dévonien et au Permo-Carbonifère.

A ces trois faciès calcaires s'ajoutent ceux du système **X** : 1° celui des schistes et grès supérieurs (Pho-ti, Mo-nhaï, Dong-khé, Lang-hit) ; 2° celui des schistes et grès inférieurs (Pac-boc, Ninh-tuong, Na-ri, Bac-kan, Na-noaï et Bi-nhi).

Ces cinq faciès : masse calcaire, alignement calcaire, témoins calcaires, schistes et grès supérieurs, schistes et grès inférieurs, demandent une description particulière.

1. C'est surtout sur la carte à 1/100 000 où les rochers sont représentés que cette carapace s'impose à l'œil.

Dans cette étude topographique, comme je l'ai fait pour l'étude lithologique des assises, je me bornerai à la description d'une seule région pour un faciès donné.

Faciès témoins calcaires. — Dans ces régions à soubassement du système **X**, surmonté du Silurien-Dévonien, quand on cherche à noter la direction des strates, on s'aperçoit que le problème est impossible ; toutes les directions s'y rencontrent : le phénomène de

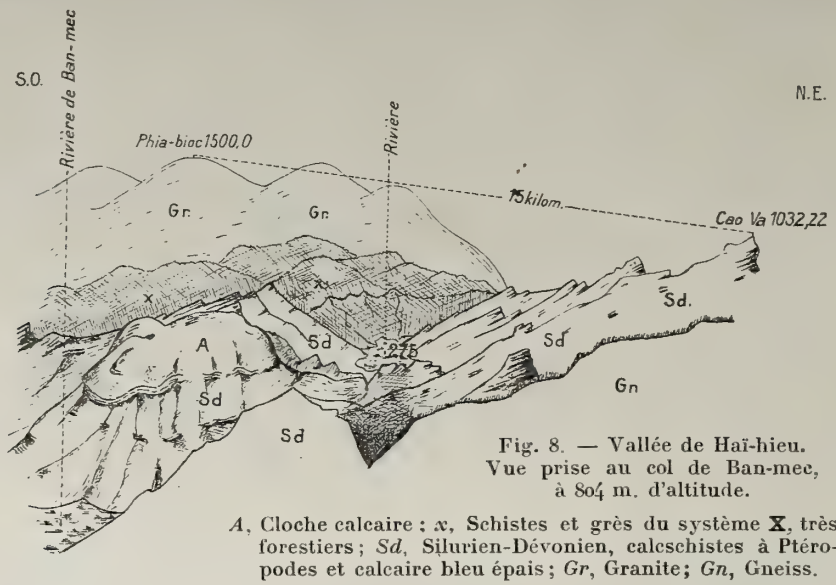


Fig. 8. — Vallée de Haï-hieu. Vue prise au col de Ban-mec, à 804 m. d'altitude.

A, Cloche calcaire ; *x*, Schistes et grès du système **X**, très forestiers ; *Sd*, Silurien-Dévonien, calcschistes à Ptéropodes et calcaire bleu épais ; *Gr*, Granite ; *Gn*, Gneiss.

la cloche calcaire y est très fréquent (fig. 8) ; c'est un massif schisto-gréseux littéralement calotté des mêmes calcschistes. Les diaclases y sont la règle (fig. 9).

L'aspect chaotique qui en résulte explique le mélange des schistes gréseux, des schistes à *Spirifer*, des calcschistes à Ptéropodes et du calcaire bleu épais que montre bien la carte à 1/100 000, régions de Ban-tinh, Ngan-son, etc. Géologiquement supérieur, le calcaire bleu épais occupe indifféremment les sommets ou les thalwegs.

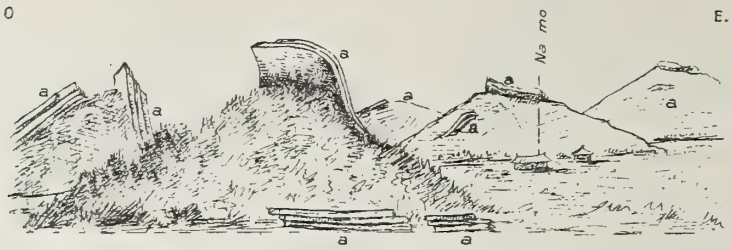


Fig. 9. — Village de Na-mo. — *a*, Calcschistes.

Ce n'est qu'en généralisant, c'est-à-dire en ascensionnant les sommets qui permettent des vues panoramiques que l'on découvre la direction générale [1].

La région de Ban-tinh -Vu-mon est un large anticlinal à corde peu tendue englobant une série innombrable de plis à faibles dimensions, ce qui semble bien cadrer avec l'hypothèse d'un premier plissement à large envergure (hercynien) postérieurement morcelé par les plis serrés contemporains des dislocations tertiaires.

Dans le casier de Ngan-son qui continuait primitivement l'anticlinal du Coc-xo,

1. Mes observations ont été faites avant le lever de la carte topographique.

l'intervention des dislocations tertiaires a complètement modifié la direction des plis hercyniens.

Le casier est bordé à l'E. par une faille qu'indiquent (voir plus loin, fig. 12) :

1° le contact anormal du système **X** avec le Silurien-Dévonien ;

2° l'alignement diabasique jalonnant la faille ;

3° le rejet entre les deux systèmes atteignant plus de 500 mètres au pied du Cao-na-peï.

Fig. 10. — Pli couché du Déo-giang.

SILURIEN-DÉVONIEN : 1, Calcaire bleu épais ; 2, Calcschistes ; 3, Grès quartziteux ; 4, Calcschistes ferrugineux ; 5, Quartz ; 6, Schiste contourné enveloppant le quartz. — SCHISTES ET GRÈS SUPÉRIEURS : 7, Grès tacheté ; 8, Grès en lits minces ; 9, Argile contenant des fragments de grès, de phyllades, de calcschistes ; 10, Lits de schiste très fissile ; 11, Calcschistes 2 reparaissant. — SCHISTES ET GRÈS INFÉRIEURS : 12, Premiers témoins de l'assise des schistes et grès inférieurs ; 13, Schistes durs ; 14, Schistes mous en discordance par suite de mouvement tectonique.

Parallèlement à la faille, au Sud, à l'Est et au Nord-Est, les plis enveloppent le dôme de Phan-ngame ; à l'Ouest (pl. I, coupe 1) le casier de Ngan-son se détache du système **X** par un pli couché très caractéristique, premier d'une série qui semble vouloir monter à l'assaut du dôme granitique comme si la masse interne de ce dernier s'était opposée au développement normal des plis (fig. 10).

A Ban-vaï, nous voyons également le Silurien-Dévonien, poussé du S.O., couvrir de ses plis imbriqués la face S.O. du Phia-bioc.

Faciès alignement calcaire. – L'alignement de Dine-ca est un synclinal constitué par le Permo-Carbonifère (fig. 11) ayant épousé la direction d'un synclinal hercynien (pl. II, coupe VI).

L'érosion a fait disparaître presque tout le flanc sud du calcaire gris clair ; son flanc nord repose à la fois sur le système **X**, sur le Silurien-Dévonien et sur le microgranite qui l'a d'ailleurs quelque peu métamorphisé.

C'est un synclinal dont le dièdre se termine en coin vers l'Ouest, entre les grès du Lang-bit et le terrain rouge de Thaï-nguyen, et qui, au contraire, s'évase à l'Est pour venir se confondre avec la masse peu remuée du Bac-son ; c'est plutôt une fronce qu'un pli.

L'alignement de Tong-noc, qui, lui, naît aussi d'une masse de calcaire gris clair, celle de Xuan-xa, s'échappe de la demi-feuille ouest de Pho-binh-gia pour aller s'éteindre brusquement sur la faille de Na-ché ; c'est, en gros, un pli couché du Silurien-Dévonien (hercynien) que le Permo-Carbonifère, incliné vers l'Ouest, recouvre en partie (pl. II, coupes IV et V) ; là aussi, nous retrouvons un effort tangentiel allant de l'O. vers l'E. et deux mouvements tectoniques se superposant ; le pli couché de Na-ton et le petit synclinal situé à l'Ouest, qui lui est parallèle, se sont formés entre le vaste anti-

clinal Co-xo d'une part et l'alignement bréchoïde de l'Éléphant, restes grandioses d'un anticlinal demantelé (pl. II, coupe IV).

Faciès masse calcaire. — Ces masses, qui sont toujours abritées du manteau de calcaire permo-carbonifère, doivent, en partie, leur conservation au peu d'amplitude des plis de ce manteau.

Elles la doivent également à leur altitude fréquemment inférieure à celle des masses schisteuses ou éruptives qui les entourent (le Cao-kiem domine de 500 mètres le calcaire du Bac-son).

Leur quasi-horizontalité, leur situation géographique plaident en faveur de leur affaissement ; mais je dois dire qu'au cours des campagnes 1904-1905-1906, je n'ai jamais vu de masses calcaires complètement affaissées.

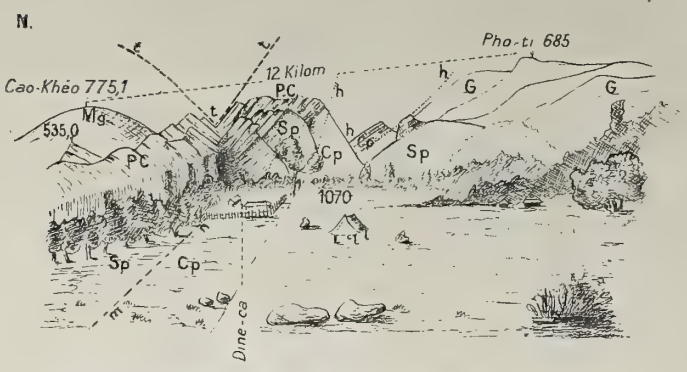


Fig. 11. — Vallée de Dine-Ca ; vue prise à la pagode.

t, Synclinal tertiaire ; *h*, Synclinal hercynien ; *g*, Microgranite ; *PC*, Permo-Carbonifère ; *G*, Grès des schistes et grès supérieurs ; *Cp*, Calcschistes à phtanites ; *Sp*, Schistes à *Spirifer* ; *mn*, Limite entre les schistes à *Spirifer* et les calcschistes.

Qu'il s'agisse de la masse du Bac-son, de celle de Xuan-xa, de celle du Kim-hi, de celle de Dong-khé, toutes sont des surfaces dont les limites sont partie attenante et partie faillée. Une telle surface est une écaille dont le bord opposé à la racine a plus ou moins pivoté autour de cette dernière.

Dans la masse du Bac-son, les racines sont au Sud et au S.E., les parties faillées au Nord et au N.O. ; dans celle de Xuan-xa, l'attache est à l'O. et la faille à l'E. ; dans celle du Kim-hi, l'attache est au S. et à l'O., la faille au N. et à l'E. : dans celle de Dong-khé, la racine est au N. et au N.E., la faille au S. et au S.O.

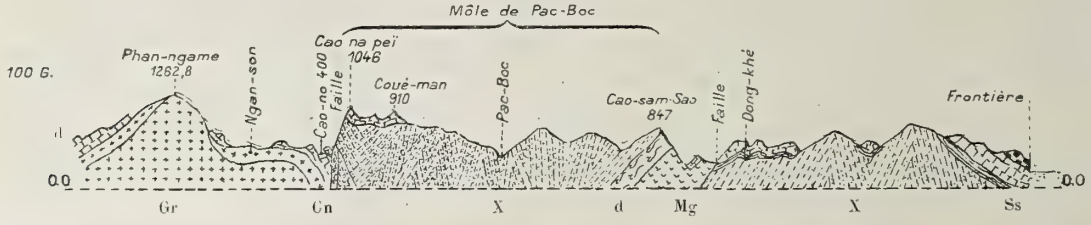


Fig. 12. — Coupe générale est-ouest prise au Nord de la carte (pl. I). Echelle : 1/500 000 ; hauteur quintuplées.

X, Schistes et grès du système **X** ; *Ss*, schistes à *Spirifer* du Silurien ; *Sd*, calcschistes et calcaire bleu épais silurien-dévonien ; *Pc*, Permo-Carbonifère ; *Gr*, Granite ; *Mg*, Microgranite ; *d*, Diabase ; *Gn*, Gneiss. — L'orientation est donnée en grades *G*.

La plupart de ces failles sont injectées de roche éruptive, comme si les parties affaissées, jouant le rôle de contrepoids, avaient été cause du remplissage de la faille.

Faciès schisto-gréseux supérieur. — A la faveur de petits dômes démantelés plutôt

que de plis (Na-bor, Mo-nhaï, Dong-khé, Lang-hit, etc.), les horizons supérieurs du système **X** se montrent dans des fenêtres du Permo-Carbonifère et du Silurien-Dévonien ; ce sont des régions intéressantes permettant l'étude des coupes naturelles que présentent les murailles et facilitant beaucoup la découverte des gîtes fossilifères.

Faciès schisto-gréseux inférieur. — A lui seul il occupe le tiers de la surface étudiée dont, la roche éruptive exceptée, il constitue le soubassement général ; ses strates sont toujours redressées, verticales même, ce qui explique l'érosion des terrains qui le couvraient antérieurement ; on y trouve pourtant, rarement il est vrai, des témoins de son ancienne couverture : à Coué-man, j'ai rencontré des restes de Silurien-Dévonien très caractéristiques : entre Ninh-tuong et Tam-tri, j'ai ramassé un échantillon de la base du Permo-Carbonifère encastrant des galets provenant du système **X**.

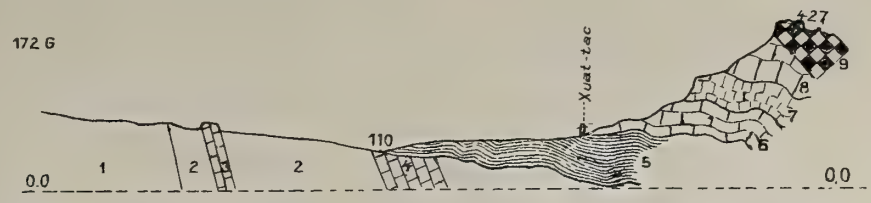


Fig. 13. — Muraille de Xuat-tac. — Echelle des longueurs et des hauteurs : 1/20 000.

Système X : 1, Schistes et grès supérieurs ; 2, Grès calcifère ; 3, Lit calcaire mat ; 4, Calcschistes mats. — Silurien-Dévonien : 5, Schistes à Spirifères ; 6, Calcschistes à Pthanites ; 7, Calcschistes à Ptéropodes ; 8, Calcaire bleu épais ; 9, Permo-Carbonifère.

Par rapport aux terrains qui les environnent, les schistes et les grès du système **X** paraissent jouer le rôle de môle ; le Silurien-Dévonien et le Permo-Carbonifère y butent par faille, s'en éloignent ou les abordent par plis-failles ou plis couchés (pl. II, coupe II et figures 11, 12 et 13).

Résumé tectonique

La carte (pl. I) me permet d'écourter cet alinéa, elle permet de voir la direction des plissements qui, d'abord N.S. au centre, s'incurve ensuite vers l'O. aussi bien au N. qu'au S, pour aller se confondre avec celle des plissements du Fleuve-Rouge.

Au Sud, près de Thaï-nguyen, l'incurvation est en même temps accompagnée d'un coincement qui explique la fin ouest du synclinal de Dine-Ca, ainsi que celle du petit synclinal de Trung-xa. Pincés entre le granite du Phia-bioc au N. et les terrains cristallophylliens du Tam-dao au Sud les plis tertiaires, suivant la voie des plis anciens ont dû se resserrer au contact de ces deux môles déjà consolidés.

Si, de ces faits, je rapproche ceux obtenus par ailleurs, en Indo-Chine, c'est-à-dire la direction S. E., parallèle au Fleuve-rouge, à la Rivière-noire, au Song-ma, celles N. E, E. E. N. et même E. O., constatées dans le quadrilatère Bac-ninh, Lang-son, Mon-cay, Haï-phong, il en résulte que l'incurvation de l'Eléphant et le coincement de Thaï-nguyen se font sentir jusqu'à la côte et même dans les îles qui bordent cette dernière.

Ce sont toujours là des résultats de détail ; d'autre part, si l'on ajoute à ces résultats restreints les nombreuses discordances constatées, le rôle localisé qu'ont joué les lacco-

lites dans la direction des terrains les entourant, le problème de synthèse tectonique se présente alors comme fort complexe, et j'estime personnellement que de nouvelles observations locales et des randonnées de généralisation sont nécessaires avant de pouvoir aborder une hypothèse permettant de rattacher l'orogénie tonkinoise à celle des régions entourant l'Indo-Chine.

Tableau des Faits

Anciens vérifiés	Anciens rejetés	Nouveaux acquis	Nouveaux a vérifier	Nouveaux a élucider
		50 gîtes fossilifères.	Plissements hercyniens.	Age du système X.
		Faune du Silurien supér. Relations Chine et E.-U.	Dislocations tertiaires.	
Faune du Silurien		Faune du Dévonien infér. Relations Chine.	Discordance du Silurien-Dévonien.	Age du calcaire bleu épais.
	Faune du Dévonien moyen	Faune de l'Arstinkien. Relations Inde.		
Transgression du Trias.		Existence de laccolites.	Trias de Na-ton et de Na-tack.	
		Incurvation de l'Éléphant.		
Transgression du terrain rouge.		Coincement de Thaï nguyen.		
		Transgression du Permo-Carbonifère.		
		Mouvement de bascule des masses calcaires du Permo-Carbonifère.		

En terminant cette note, je crois utile de dire qu'elle est appuyée :

1° Sur des observations prises au cours de 7000 kilomètres d'itinéraires ;

2° Sur la récolte de plus de 5000 échantillons de roches diverses ;

3° Sur la découverte et la prospection de 60 gîtes fossilifères ;

4° Sur de nombreux croquis panoramiques dessinés en cours d'exploration.

Quant à la carte qui l'accompagne, elle résume :

1° Une carte géologique à 1/25 000 de la région Dine-ca, Trung-xa, Xuat-tac, où j'ai tenu d'abord à étudier à fond la stratigraphie des diverses assises avant d'aborder une plus vaste région ;

2° Une carte à 1/80 000 des aires géologiques (Feuilles de That-khé, Pho-binh-gia et Loung-tchéou) ;

3° Une carte à 1/80 000 (mêmes feuilles) des directions et plongements pris au cours des 16 mois passés sur le terrain.

INDEX ALPHABÉTIQUE

DES NOMS CONTENUS DANS LA CARTE DE LA PLANCHE I

⊙, point géodésique. — Les deux lettres (majuscule et minuscule) qui accompagnent chaque nom se rapportent aux lettres de renvoi du cadre de la carte et indiquent les deux directions à suivre horizontalement et verticalement pour trouver l'emplacement du nom.

Ba-bé, lac	Lb	Ha-hieu ⊙	Jb	Phan-ngame	Ia ⊙
Bac-kan	Je	Hoan-ha	Gi	Phia bioc ⊙	Kb
Bac-son, région,	Ej	Hoa-nyem	Ff	Pho-binh-gia	Eg
Ban-baï	Ec	Hou-len	Dj	Pho-ti ⊙	Fi
Ban-dzuoc	Je	Hung-giao	Gj	Po ma	Ce
Ban-hit	Gi			Po-sien	Fb
Ban-kau	Ha	Kéo-len	Ia		
Ban-laï	Ie	Kim-hi ⊙	Hc	Quang-loung	Gi
Ban-mec	Ib				
Ban-pinh	Dd	La-hiem	Ij		
Ban quan	Ce	Lang-hit	Ji ⊙	Song-bac-Giang	Ec, Hb
Ban-san	Gc	Lang laï	Ii	Song-bang-Giang	Ca
Ban-tiane ⊙	Fd	Lang-traï ⊙	Gj	Song-cau	Je, Ji
Ban tinh	Ig	Len-ka ⊙	Ei	Song-ki kong	Ce, Bd
Ban-vaï	La	Lung-nhi ⊙	Jd	Song-na-ri	Hg
Binhi chinois	Ad	Lung-phaï ⊙	Dc	Song-rung	Fj
Binhi français	Ad	Lung-sien ⊙	Gb	Song-ta-chu	Ec
Bo-cou ⊙	Hj				
Bo-va	Ha	Ma-kouis, riv. des	Jf	Ta-lua	Dc
		Mo-don	Hg	Ta lung	Ba
Cao-kiem ⊙	Fh	Mo-nhaï	Eh	Tam-dao, massif. Carte II	
Cao-ky	Jf			Tam tri	Gh
Cao-hao ⊙	Hh			Thaï-nguyen	Jk
Cao-na-peï ⊙	Ha	Na-ban	Dc	Than-moï	Bj
Cao pi	Hc	Na-bor	Gi	That-khé	Dd
Cao-pien ⊙	Df	Na-ché	Fe	Tong-hoa-phu	Jc
Cao-piet ⊙	Ia	Na meun	Jg	Tong noc	Gf
Cao-pou ⊙	Fb	Nam-ho	Hi	Tri-lé	Dh
Cao-sam-sao ⊙	Ea	Nam-lon	Id	Tri-xuyen ⊙	Cg
Cao-sam-tang ⊙	Ed	Nam-ma	Hi	Trung-xa	Hj
Cao-tet ⊙	Ce	Nam-nang	Ea	Tuong-noung	Ih
Cho-moï, poste	Jg	Nam-pa-ka ⊙	Dh		
Cho-moï ⊙	Jg	Na-mo	Ig		
Cho-ra	La	Na-noaï	Cg	Van-linh	Cj
Coc-xo ⊙	Ie	Na-ri	Hf	Van-mit	De
Coué-man	Ga	Na-tack	If	Vu-mon	Id
Cu-lé	Gd	Na-ton	Gf		
Cu-lien	Gd	Ngan-son	Ib	Xang-moc	Hh
		Ni-ca	Jg	Xuan-xa	Ih
Déo-giang, col	Ie	Ninh-tuong	Hh	Xuat-tac	Fi
Déo-mi-vi	Je	Nuï-bon ⊙	Ge		
Déo-vaï	Jh			Yen-lac	Fd
Dine-ca	Hi	Pac-bôc	Ga		
Dong-khé	Dh	Pac binh	Cg	72e kilomètre	Je
Eléphant ⊙	Ge	Petit rocher ⊙	Fd	81e kilomètre	Je
Groupe d'arbres ⊙	If	Pia-banc ⊙	Fd		
		Pien-do	Fd		

TABLE DES MATIÈRES

Page

A. — Série sédimentaire 5

Système X 5
Silurien-Dévonien 6
Permo-Carbonifère 8
Trias 8
Terrain rouge 9
Tertiaire lacustre 9
Alluvions 9

B. — Série cristallophyllienne et éruptive 10

Gneiss 10
Granite 10
Microgranite 11
Diabase 11

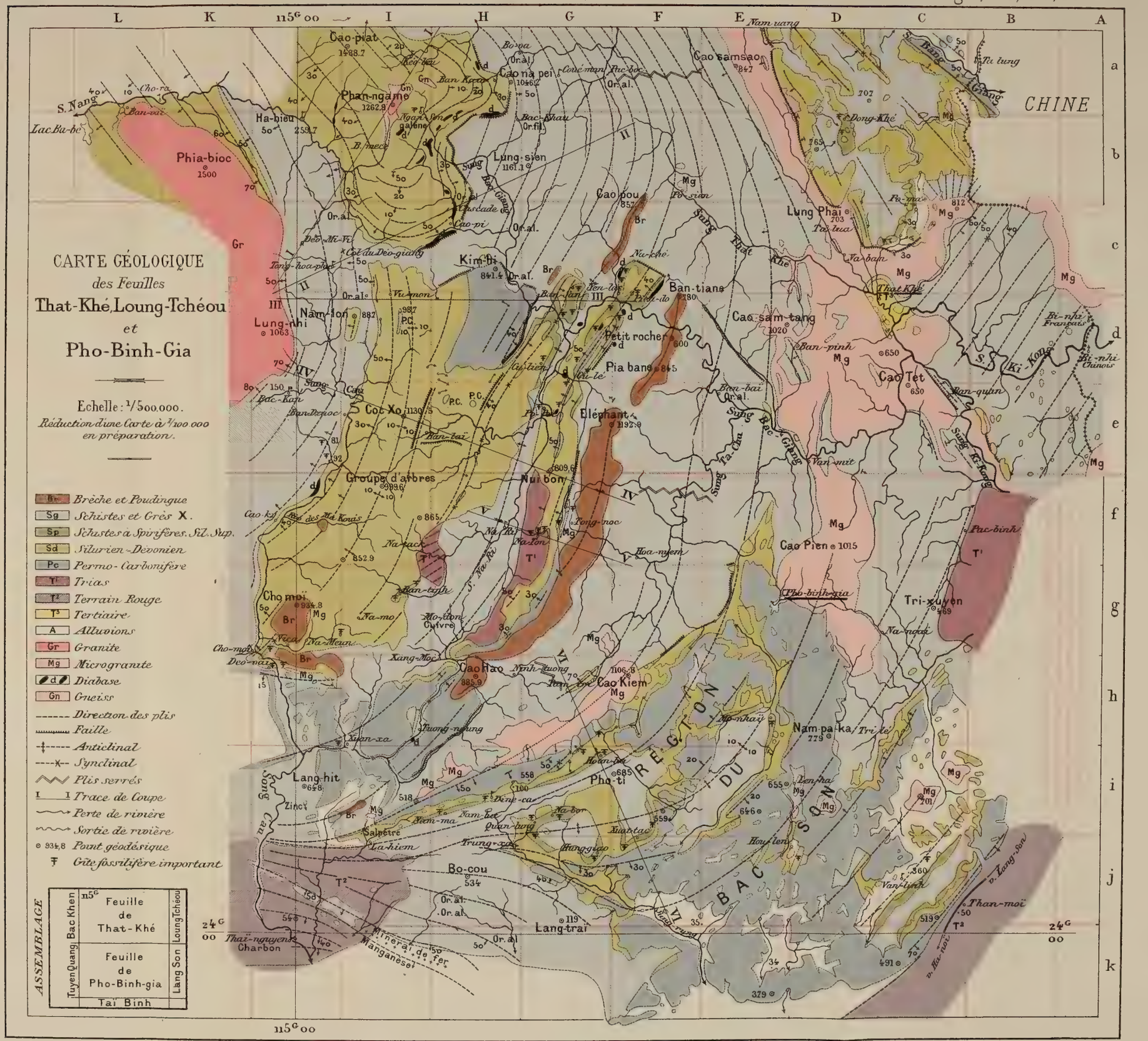
Tectonique de détail et faciès topographiques concomitants 13

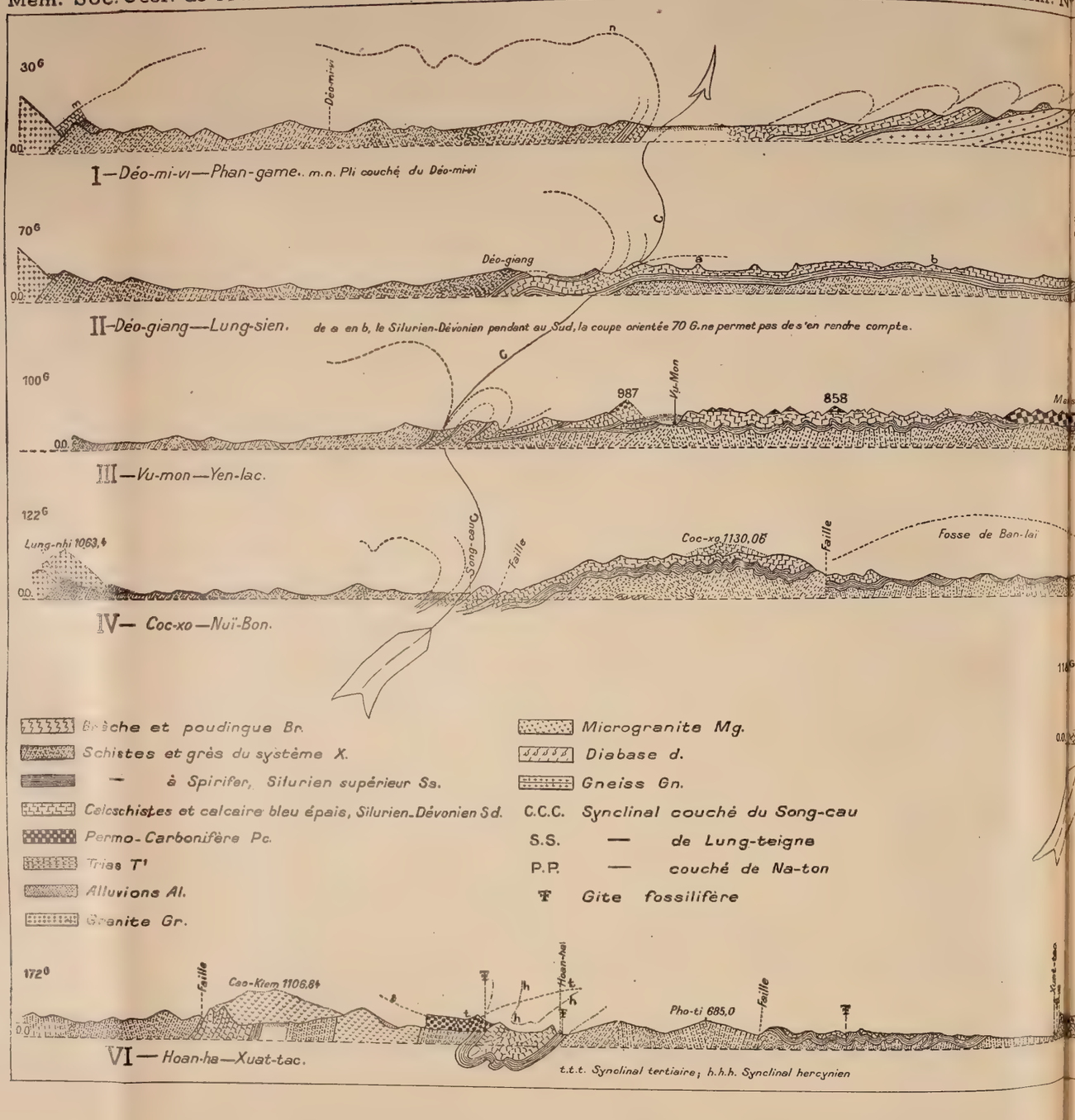
Faciès témoins calcaires 14
Faciès alignement calcaire 15
Faciès masse calcaire 16
Faciès schisto-gréseux supérieur 16
Faciès schisto-gréseux inférieur 17

Résumé tectonique 17

Tableau des Faits 18

Index alphabétique des noms portés sur la carte 1 19


CARTE GÉOLOGIQUE
des Feuilles
That-Khé, Loung-Tchéou
et
Pho-Binh-Gia
Echelle : 1/500.000.
Réduction d'une carte à 1/100 000 en préparation.
Br Brèche et Poudingue
Sg Schistes et Grès X.
Sp Schistes à Spirifères. Sil. Sup.
Sd Silurien-Dévonien
Pc Permo-Carbonifère
T¹ Trias
T² Terrain Rouge
T³ Tertiaire
A Alluvions
Gr Granite
Mg Microgranite
d Diabase
Gn Gneiss
Direction des plis
Faille
Anticlinal
Synclinal
Plis serrés
Trace de Coupe
Perte de rivière
Sortie de rivière
Point géodésique
Gîte fossilifère important
ASSEMBLAGE
Feuille de That-Khé
Feuille de Pho-Binh-gia
Bac Khen
Loung Tchéou
Tuyen Quang
Lang Son
Tai Binh
CHINE
REGION DU BAC SON
Cao-piat
Cao na pei
Cao samsao
Phan-ngame
Ha-bieu
Phia-bioc
Lung-sien
Cao pou
Lung Phai
Kim-hi
Ban-tiano
Nam-lon
Lung-nhi
Cao-sam-tang
Petit rocher
Pia bane
Cao Tet
Coc Xo
Eléphant
Groupe d'arbres
Nui bon
Cao Pien
Cho moi
Tri-xuyen
Cao Hao
Cao Kiem
Nam-pa-ka
Lang-hit
Pho-ti
Bo-cou
Lang-trai
Than-moi
S. Nang
Lac Ba-bé
S. Bang
S. Ki-Kong
S. Cau
Sung Bac Giang
Sung Ta-Chu
Sung That Khé
Sung Bac-Kan
Charbon
Manganese
Mineraï de fer
Zinc
Salpêtre
Cuivre
Thaï-nguyen
Lang-son
Pac-binh
Pho-binh-gia
Van-linh
Van-mit
Hoa-nhem
Na-tack
Na-mo
Na-ngan
Xang-Mo
Xuan-xa
Truong-nung
Lang-nhay
Hoan-ba
Pho-ti
Ban-tinh
Ban-pinh
Ban-quan
Bi-nhi Français
Bi-nhi Chinois
Gravé chez L. Wuhrer.



Echelle des longueurs et des hauteurs

$$\frac{1}{100\,000}$$

Ces coupes ont été dressées sur les minutes des topographes, à **1/80000**
L'orientation est donnée en grades, le 0 étant le méridien géographique et la graduation allant de 0 à 400 vers la droite.

COUPES GÉOLOGIQUES
DANS LA RÉGION
du HAUT-TONKIN

par

le Capitaine G. ZEIL

NOTE SUR LA GÉOLOGIE DE L'INDO-CHINE

AVANT-PROPOS

La présente note expose l'état actuel de nos connaissances sur la géologie de l'Indo-Chine. Je parlerai surtout du Tonkin. Chargé en 1903 de la direction du Service des Mines de l'Indo-Chine, auquel l'ancien Service géologique a été rattaché en 1904, j'ai décidé de commencer et de poursuivre avec l'aide de mes collaborateurs, géologues, contrôleurs des mines, officiers du Service géographique [1], les travaux nécessaires à l'exécution d'une Carte géologique de l'Indo-Chine.

Résumé des Travaux géologiques sur l'Indo-Chine parus avant l'année 1903. — Les premières indications un peu précises sur la géologie de l'Indo-Chine ont été données par le docteur Joubert, dans son « Rapport géologique » inséré au « Compte-Rendu de la Mission d'exploration Doudart de Lagrée », qui a été publié en 1873 sous la direction de Francis Garnier. Le Docteur Joubert a signalé dans le bassin du fleuve Mékong plusieurs faits intéressants qui ont été vérifiés en 1903 par M. René de Lamothe.

C'est : 1° la présence de grès et calcaires, d'âge paléozoïque, dans les rapides du Fleuve ; 2° la présence d'un petit bassin, probablement triasique, à Bassac et comprenant schistes bruns, à la base, psammites et grès, filonnets de charbon, à la partie supérieure ; 3° l'extension d'une formation de psammites auxquels paraissent associés des gisements salifères d'où dériveraient les sources salées exploitées par les indigènes ; 4° l'extension entre le fleuve Mékong et Attopeu d'une grande nappe de porphyre quartzifère.

En 1882 parut aux *Annales des Mines* le mémoire de M. Fuchs sur l' « Exploration des gîtes de combustibles et de quelques-uns des gîtes métallifères de l'Indo-Chine ». M. Fuchs, après un voyage aux environs de Tourane (Annam), et de Hongay, My-Duc, Haïphong, Hanoï (Tonkin), fut amené à distinguer quatre formations : a. Schistes anciens (d'après les phyllades et quartzites reconnus dans la Rivière de Tourane) ; b. Terrain dévonien (d'après les quartzites des environs de Haïphong) ; c. Calcaire carbonifère, au-dessus des grès précédents ; d. Grès et argiles versicolores, contenant les couches de charbon. L'âge de ce dernier terrain fut précisé immédiatement comme rhétien par M. Zeiller d'après les empreintes de plantes soumises à son examen.

L'attribution du calcaire c à l'étage carbonifère était faite par M. Fuchs uniquement d'après l'extension considérable de ce calcaire en Chine connue par les travaux de Richthofen.

L'âge carbonifère du calcaire du Tonkin fut établi en 1886 par M. H. Douvillé sur un *Spirifer mosquensis* recueilli par M. le commandant Jourdy à la montagne de l'Éléphant, près de Haïphong.

1. Je tiens à remercier particulièrement M. le Lieutenant-Colonel Friquegnon, chef du Service géographique de l'Indo-Chine, du concours gracieux qu'il m'a apporté. Grâce à son appui constant, j'ai pu obtenir la collaboration très efficace des officiers du Service géographique.

En 1886, M. Jourdy fit à la Société géologique de France deux communications d'un grand intérêt. Il mettait en lumière, d'abord l'extension du calcaire carbonifère de la montagne de l'Éléphant, dans la baie d'A-Long, au Nord du Dong Trieu, ainsi qu'à l'Ouest de Bac-Lé et de Lang-Son. Ensuite, il signalait la présence d'une formation schisto-gréseuse située géographiquement entre le calcaire de la baie d'A-Long et le calcaire de Lang-Son. Un filon de porphyre la traverse. Aux environs de Lang-Son des calcaires s'associent aux schistes. Un échantillon de ces schistes permit à M. Douvillé de déterminer *Myophoria* cf. *Goldfussi* et de les classer par suite dans le Trias.

Plus tard, en 1896, la détermination de l'âge triasique fut confirmée sur un exemplaire de *Norites* remis à M. H. Douvillé et qui provenait de la région de Lang-Son. Une autre Ammonite indiquée à M. Douvillé comme provenant de la haute Rivière Noire fut déterminée comme *Juvavites* par M. Diener à qui M. Douvillé avait communiqué l'échantillon. Je dois dire que la provenance de ce dernier échantillon reste, pour moi, très douteuse.

La note de M. Jourdy signalait au point de vue tectonique les deux directions perpendiculaires Nord-Ouest et Nord-Est comme particulièrement importantes.

L'« Étude sur le bassin houiller du Tonkin », par M. Sarran, parue en 1888, fait état de la classification proposée par M. Fuchs, mais y ajoute un terrain nouveau reconnu au Nord de Cam-Pha et de l'île de Ke-Bao, formé de grès et argiles de couleur généralement rouge et en discordance de stratification au-dessus du terrain houiller du Tonkin.

L' « Esquisse géologique du Tonkin », par M. Mallet, parue dans la *Revue Indo-Chinoise* de 1894, précise et complète l'extension dans la région voisine du littoral des grès dits dévoniens, du calcaire carbonifère, des terrains dits houillers et des grès rouges supérieurs. En outre, il signale l'extension dans les bassins de la Rivière Noire et du Fleuve Rouge des terrains métamorphiques —, gneiss, micaschistes, phyllades auxquels sont associées des roches éruptives diverses —, granite, porphyres et trachyte.

En 1895, sous le titre de « Géologie de l'Indo-Chine », M. Petiton publie le résultat des observations qu'il avait faites en 1869 en Cochinchine. Il signale l'existence de schistes anciens à Trian, de quartzites et calcaires à Ha-Tien, de grès à Tay-Ninh, Kampot, Pursat et Angkhor. Les renseignements les plus intéressants sont ceux qui sont donnés sur les roches éruptives —, granite, diorite, diabase, porphyre à quartz globulaire, basalte, — recueillis par M. Petiton au cours de son voyage et étudiés ensuite à Paris dans le laboratoire de M. Fouqué.

Une note de M. Counillon : « Sur les environs de Luang-Prabang », insérée aux *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, en 1896, indique l'existence, sur un espace assez restreint, de plusieurs zones comprenant, de bas en haut :

1° Calcaire massif sans fossiles (sans doute permien) ;

2° Argiles rouges, calcaires et grauwackes, contenant des Productidés et des plantes — assimilés à l'étage permien ;

3° Argiles violettes, débutant par un poudingue qui contient des galets de calcaire avec *Productus*, *Lonsdaleia* et *Schwagerina*. A la partie supérieure des argiles sont des grès verts avec ossements de *Dicynodontes*.

En 1901, M. Bel fait paraître dans le *Bulletin de la Société de Géographie commerciale* le compte rendu d'une conférence sur le « Sous-sol de l'Indo-Chine ».

Il y donne quelques renseignements sur les roches éruptives et métamorphiques, granite, diorite, gneiss, micaschistes, rhyolite et basalte qu'il a observées dans la traversée de la chaîne annamitique qu'il fit en 1897 entre Tourane et le fleuve Mékong par Attopeu. M. Bel signale en outre des terrains stratifiés, couvrant une vaste superficie entre Attopeu et le Mékong et où il a trouvé une Ammonite [1].

Je citerai encore rapidement : deux notes de M. Sarran, « Excursion géologique dans le bassin du Fleuve Rouge » (*Revue Indo-Chinoise*, 1899) ; — un mémoire de M. Leclère, paru dans les *Annales des Mines* de 1901, sous le titre de : « Étude géologique et minière des provinces chinoises voisines du Tonkin », contenant seulement quelques indications sur la géologie du Tonkin ; — une note de M. Monod : sur « Les charbonnages du Tonkin », donnant quelques renseignements sur les gisements tertiaires du Fleuve Rouge ; — une note du même auteur sur le « Gisement de fer de Ban Vuoc », près de Laokay ; — des notes de M. Counillon sur « Les Mines du Laos, du Quang-Nam ainsi que sur « Les Mines et la géologie de Nong Son », près Tourane ; — des notes de M. Mansuy : sur « La géologie de la région de Kampot et de Ha-Tien » ; sur « La géologie de la région de Ha-Giang au Tonkin ». Les diverses notes de MM. Monod, Counillon et Mansuy ont paru dans le *Bulletin économique de l'Indo-Chine*. La dernière note est accompagnée d'une intéressante esquisse de carte géologique de la région de Ha-Giang [2].

Une « Étude pour la remise en exploitation des mines de Kebao » (Paris, 1902), par M. Charpentier, fournit des renseignements utiles sur la géologie des terrains rhétiens dans l'île de Ke-Bao.

Je rappelle que les terrains rhétiens ont été l'objet d'un mémoire spécial de M. Zeiller publié en 1903 par le *Service des Topographies souterraines*, sous le titre de : « Flore fossile des gîtes de charbon du Tonkin ». Dans cet ouvrage, sur l'importance duquel je n'ai pas besoin d'insister, M. Zeiller ne s'est point contenté de réunir les résultats de ses savantes études sur la flore fossile du Tonkin, mais, profitant des indications qui lui avaient été fournies sur les différents gîtes par MM. les ingénieurs Mallet, Guilhaumat, Charpentier et Beauverie, il a donné des coupes complètes des terrains houillers.

Indications des travaux géologiques exécutés pendant la période 1903-1906. — Pendant la période 1903-1906, les travaux de reconnaissance ont été exécutés sous ma direction personnelle. Ils ont compris surtout le Tonkin et se sont étendus aussi sur une partie du Yunnan, de l'Annam et du Laos [3]. De nombreux fossiles ont été recueillis au cours des explorations. M. Mansuy en a commencé l'étude à Hanoï, avec une compétence et un dévouement auxquels je suis heureux de rendre ici hommage. Les fossiles ont été ensuite envoyés à Paris; M. H. Douvillé a bien voulu les examiner et m'a donné les indications dont je ferai état plus loin. Que M. Douvillé me permette de lui exprimer ma profonde et respectueuse reconnaissance.

Dans ce qui suit, je parlerai d'abord du Tonkin, puis je dirai quelques mots des autres pays de l'Indo-Chine.

1. Cette Ammonite est *Danubites himalayanus* Griesbach, du Trias inférieur de l'Inde — Voir plus loin, p. 51.

2. C'est le seul travail de cette nature qui ait été fait en Indo-Chine avant l'année 1904.

3. Pendant l'hiver 1902-1903, M. Monod a fait un voyage de reconnaissance dans le Nord du Laos et au Siam. En 1903-1904, M. René de Lamothe a exploré le Sud du Laos et la partie orientale du Cambodge. Ces travaux ont été exécutés en dehors de ma direction. Ceux de M. de Lamothe ont fait l'objet d'une note qui est jointe au présent mémoire.

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE DU TONKIN

Dans un premier paragraphe, essentiellement descriptif, j'insisterai sur la stratigraphie, sans omettre cependant les faits principaux relatifs à la tectonique, les roches éruptives, les terrains métamorphiques. Un deuxième paragraphe présentera la synthèse des phénomènes tectoniques et des transgressions et régressions. Un troisième paragraphe indiquera les faits particuliers intéressants, relatifs aux roches éruptives.

La division de mon travail sera donc : I. *Stratigraphie et descriptions régionales.* — II. *Essai d'une Synthèse des phénomènes tectoniques et des transgressions et régressions.* — III. *Roches éruptives.*

I. — STRATIGRAPHIE ET DESCRIPTIONS RÉGIONALES

Les terrains suivants ont été reconnus :

1° *Silurien et Dévonien.*
2° *Carbonifère supérieur et Permien inférieur.*
3° *Trias.*
4° *Terrain houiller du Tonkin (Rhétien).*
5° *Grès rouge*, distingué du terrain houiller rhétien uniquement d'après son faciès.
6° *Tertiaire.*
7° *Quaternaire et Actuel.*

I. — Silurien et Dévonien

En dehors des régions favorisées de Cao-Bang, Ha-Lang, Pho-Binh-Gia, That-Khé, les terrains silurien et dévonien du Tonkin paraissent être peu fossilifères. Cette circonstance regrettable tient, je pense, surtout à l'action métamorphisante qui s'est exercée d'une façon constante, quoique plus ou moins énergique, à l'Ouest d'une ligne grossièrement nord-sud qui serait tirée de Cao-Bang à Hanoï et au Sud d'une ligne grossièrement est-ouest allant de Cao-Bang à Ha-Hiang. Au voisinage de la côte, entre Haïphong et Mon-Cay, le terrain primaire a été aussi partiellement métamorphisé.

Je me trouve donc réduit pour la description générale de ces terrains à faire intervenir surtout les faciès.

Cependant, l'étude détaillée des feuilles de Pho-Binh-Gia et That-Khé par M. le capitaine Zeil permet, pour cette région, d'aller plus avant dans nos connaissances. Je prendrai ce travail tout à fait remarquable pour base de mes indications, qui seront divisées comme suit :

1° *Région centrale du Haut-Tonkin* (Feuilles dites de That-Khé et Pho-Binh-Gia) [1].

2° *Région nord du Haut-Tonkin et Bassin de la Rivière Claire* (Feuilles de Ha-Lang, Cao-Bang, Yen-Minh, Bao-Lac, Ma-Li-Po, Ha-Giang, Luc-An-Chau, Tuyen-Quang).

3° *Région du Fleuve Rouge et de la Rivière Noire* (Feuilles de Pak-Ha, Phong-Tho, Lai-Chau, Lao-Kay, Luc-An-Chau, Tu-Lé, Yen-Bay, Van-Bu, Cam-Ké, Vié-Tri, Van-Yen, Hanoï).

4° *Région du littoral au Nord de Hanoï* (Feuilles de Hanoï, Nam Dinh, Phou-Nho-Quan. Thanh-Hoa, Phat-Diem).

5° *Région du littoral à l'Est de Hanoï* (Feuilles de Haiduong, Haïphong, Hon-Dau, An-Chau, Ke-Bao, Mon-Cay).

1° **Région centrale du Haut-Tonkin** (*Feuilles de That-Khé et Pho-Binh-Gia*). — Je rappelle la classification adoptée par M. le capitaine Zeil [2]. Elle comprend :

1° *Système* **X**, sans fossiles, où l'on distingue de bas en haut :

a. *Brèche et poudingue ;*
b. *Schistes et grès inférieurs* ;
c. *Schistes et grès supérieurs* ;
d. *Grès calcifères* ;
e. *Calcschistes mats*.

2° *Silurien-Dévonien*, où l'on distingue de bas en haut :

a. *Schistes à Spirifer* ;
b. *Calcschistes à phtanites* ;
c. *Calcschistes à Ptéropodes* ;
d. *Calcaire bleu épais, sans fossiles.*

Le niveau a dit des *schistes à Spirifer* que j'ai reconnu à Van-Linh au début de l'année 1905 pendant que M. Zeil le trouvait à Mo-Nhai, paraît caractéristique sinon sûrement d'une assise, tout au moins d'une formation déterminée. Il offre, en effet, aux divers points où on l'a rencontré, une assez grande homologie de faciès en même temps que de nombreuses espèces communes.

J'ai trouvé les mêmes fossiles dans la région de Cao-Bang en avril 1905 et je les ai signalés à l'attention de M. Mansuy, qui en a recueilli une ample provision dans sa campagne 1905-1906. Les fossiles sont à l'état d'empreintes ou de moules dans les schistes argileux.

Je me bornerai à citer, présentement, les genres et espèces suivants :

Trilobites : tête et pigidium de *Calymene* et de *Proetus*.

Brachiopodes : *Spirifer arrectus* Hall ; *Sp. perlamellosus* Hall ; *Sp. bijugosus* Hall ; *Orthis* ct. *pecten* Davidson ; *Chonetes, Strophomena, Atrypa, Rynchonella.*

Lamellibranches : *Pterinea.*

Polypiers : *Favosites Gothlantica* M.-E. et H ; *Hadriophyllum, Calceola.*

Bryozoaires : *Fenestella.*

Cette faune appartient au Silurien supérieur.

1. Pour la recherche de la position géographique des localités mentionnées dans la dite note le lecteur est prié de se reporter : 1° à la carte géologique à 1/1 500 000 avec tableau d'assemblage des feuilles à 1/100 000, annexée à la presente note ; 2° à l'index alphabétique placé à la fin de la note.

2. Voir le mémoire du capitaine Zeil : « Contribution à l'Étude géologique du Haut-Tonkin (Feuilles de That-Khé, de Pho-Binh-Gia et de Loung-Tchéou) ».

Les niveaux **b** et **c** ont des faciès assez analogues et semblent, à ce point de vue, pouvoir être groupés dans un même ensemble calcaréo-schisteux qui marque la séparation entre les terrains inférieurs schisto-gréseux et les calcaires épais supérieurs.

Cependant l'âge de ces schistes et calcaires a donné lieu à deux déterminations distinctes : l'une qui a été rapportée au Silurien et l'autre au Dévonien.

Parmi les couches siluriennes, M. Zeil place les *calcaires à phtanites* contenant *Heliolites* cf *decipiens* M. Coy (indiqué par Richthofen dans le Silurien supérieur des monts Tsin-Lin-Chan — *China*).

Je rapproche de cet horizon les *calcaires de Cu-Lé, près Yen-Lac*, où j'ai trouvé, en mars 1905, un riche gisement de Polypiers que M. Mansuy a attribués au Silurien supérieur après avoir déterminé : *Heliolites* cf. *decipiens* M. Coy ; *Monticulipora Bowerbanki* M.-E. et J. H. — M. H. Douvillé a confirmé ces déterminations et m'a signalé encore : *Amplexus* cf. *distans* Lindström et *Aulacophyllum* M. E. et H.

Les *calcschistes d'âge dévonien* sont caractérisés par les fossiles suivants recueillis par M. Zeil :

Rhynchonella procuboides, in Richthofen, « China ».
— cf. *parallelipipeda* — « China ».
Rhynchonella Yunnanensis de Koninck, in Richthofen.
Atrypa desquamata A. Sowerby.

Près de Ngan-Son, M. Zeil a trouvé des Calcéoles dans des calcschistes noirs. L'espèce est différente de celle des Calcéoles trouvés dans les schistes du niveau **a**.

Au-dessus du niveau des *calcschistes à Rhynchonelles*, M. Zeil place les *calcschistes à Ptéropodes* (*Hyolites*, *Tentaculites*), qui seraient donc dévoniens.

Au-dessus des calcschistes viennent les *calcaires bleus épais* contenant de rares bancs de schistes. M. Zeil hésite à les ranger dans le Dévonien ou dans le Carbonifère ; un échantillon de *Productus* typique plaiderait, semble-t-il, pour cette dernière attribution ; mais il n'a pas été trouvé en place et il serait imprudent d'en faire état. M. Zeil, observant qu'il y a concordance de stratification entre le calcaire bleu épais et les calcschistes inférieurs d'âge dévonien, incline à rattacher le calcaire bleu épais aux calcschistes et à les séparer au contraire des calcaires blancs massifs d'âge permien qui reposent en discordance sur l'ensemble des calcschistes et calcaires bleus.

Je partage complètement la manière de voir de M. Zeil. D'après mes observations personnelles tant dans la région de Yen-Lac, Ngan-Son, que j'ai parcourue concurremment avec M. Zeil, que dans les régions de Cao-Bang et Bao-Lac dont je parlerai plus loin, je considère que les calcaires bleus épais sont la suite naturelle des calcschistes inférieurs et par conséquent, *jusqu'à preuve du contraire*, il n'y a pas lieu de les en séparer comme âge.

Sur sa carte, M. Zeil a figuré dans la région de That-Khé des calcaires épais qu'il identifie avec les calcaires bleus épais des régions de Yen-Lac. Ici, je suis en désaccord avec M. Zeil. Je pense que ces calcaires sont plus probablement d'âge carbonifère parce qu'ils ont un faciès et une situation géographique et géologique qui les rattache aux calcaires carbonifères de la région de Cao-Bang. Je discuterai cette question plus loin. En l'absence de fossiles caractéristiques, la solution en est, d'ailleurs, délicate.

A l'Ouest de la feuille de Pho-Binh-Gia, dans la région de Bac-Kan, M. Zeil a

recueilli un exemplaire de schiste déjà un peu métamorphisé, avec empreinte de fossile qui semble pouvoir être assimilé aux *Grammitzia* que l'on rencontre dans le *Hamilton Group* du Dévonien d'Amérique.

Les terrains métamorphiques n'occupent qu'une faible étendue des feuilles de Pho-Binh-Gia et de That-Khé. On les rencontre surtout au Nord-Ouest de la feuille de That-Khé, où ils constituent l'auréole des *granites* de *Phan-Game* et *du Phia-Bioc*.

Le *microgranite* perce à travers les terrains siluriens-dévoniens et forme un massif important qui se rattache à la grande traînée Lang-Son-Cao-Bang.

La direction dominante des couches est Nord-Nord-Est; elle subit, dans le Sud-Ouest de la feuille de Pho-Binh-Gia, une virgation qui la fait devenir Est-Ouest. Plus loin sur les feuilles de Tuyen-Quang et de Vié-Triy la virgation s'accentue et la direction devient Nord-Ouest parallèle au Fleuve Rouge.

Les coupes jointes au travail de M. Zeil indiquent l'allure générale des schistes. Je ne puis que me référer à cet excellent travail. Je reviendrai, quand je parlerai de la tectonique, sur les modifications que subissent les directions des couches au Nord-Est de la feuille de That-Khé.

Je mentionne ici l'opinion de M. Zeil qu'il y a *peut-être* discordance entre les terrains du système **X** sans fossile et les terrains schisteux et calcaréo-schisteux fossilifères.

Pour compléter la description du pays, je donnerai encore quelques renseignements sur les altitudes de la région de Pho-Binh-Gia, That-Khé.

Les terrains métamorphisés situés à l'Ouest de la carte atteignent 1 500 mètres. Le microgranite s'élève à 1 200 mètres dans le massif de Van-Mit, entre Pho-Binh-Gia et That-Khé, ainsi qu'au Kau-Kiem, entre Pho-Binh-Gia et Thaï-Nguyen. La « Brèche », qui constitue une longue ligne de crête entre Yen-Lac et Thaï-Nguyen, s'élève à 1 000 mètres, les calcaires carbonifères s'élèvent à 700 mètres.

2° **Région nord du Haut-Tonkin et Bassin de la Rivière Claire** *(Feuilles de Cao-Bang, Yen-Minh, Bao-Lac, Ma-Li-Po, Ha-Giang, Luc-An-Chau, Tuyen-Quang).* — Les contours géologiques provisoires ont été tracés avec beaucoup de soin pour la feuille de Cao-Bang, par M. le capitaine Galland, pour celles de Yen-Minh et Bao-Lac, par M. le lieutenant Andréa, pour la feuille de Ha-Lang, par M. le lieutenant Mollard. M. Mansuy a en outre consacré plusieurs mois à l'étude détaillée des feuilles de Cao-Bang et Ha-Lang. Il a recueilli de nombreux fossiles et relevé de multiples et intéressantes observations sur la nature et l'allure des couches. Dans la feuille de Ha-Lang et à l'Est de la feuille de Cao-Bang on retrouve, sous les calcaires massifs de l'âge carbonifère ou permien, les mêmes terrains schisteux et schisto-gréseux que dans les feuilles de Pho-Binh-Gia et That-Khé et, comme je l'ai déjà dit, les mêmes fossiles caractéristiques du niveau schisteux **a**.

Le faciès des terrains inférieurs au calcaire carbonifère ou permien change à l'Ouest de la feuille de Cao-Bang. Nous avons alors des schistes *entremêlés de calcaires* et ceux-ci deviennent parfois très épais, au point qu'on pourrait les confondre avec les calcaires massifs que je rapporte à l'âge carbonifère. Les fossiles faisant défaut, le seu

criterium qui m'a permis de faire la distinction est précisément *l'association étroite qui existe entre les calcaires épais que je crois être d'âge dévonien avec l'ensemble calcaréo-schisteux inférieur.*

Ainsi, au col de Déo-Ma-Pan, au Sud du massif de Lung-Sung (Feuille de Cao-Bang), j'ai vu des calcaires épais (probablement dévoniens) en association avec des schistes, le tout recouvert en discordance par les calcaires puissants (carbonifères) qui forment le massif proprement dit du Lung-Sung. D'une façon générale, en dehors de la large bande des calcaires carbonifères qui a son originalité propre et sur laquelle je reviendrai plus loin, les calcaires épais, *supérieurs à la formation schisteuse* et, je le répète, *faisant corps avec elle,* sont tout à fait fréquents dans la région que je considère présentement. On les voit, par exemple, autour des pics granitiques du Pia-Ouac (Feuilles de Cao-Bang et de Bao-Lac), du Phia-Bioc (Feuilles de Bac-Ken), du Pia-Ya (Feuilles de Bao-Lac). Ils s'étendent sur les feuilles de Bao-Lac et de Yen-Minh, où ils forment comme de larges bandes ayant une direction sensiblement ouest-nord-ouest. Ce sont les massifs dits de Nam-Thuong, de Pou-Ta-Ka, etc. Les mêmes calcaires forment les escarpements imposants qui dominent le Song-Gam à Thuong-Lam et à Bac-Ken. Nous les retrouvons encore dans la feuille de Ma-Li-Po, à Quang-Ba, et dans la feuille de Ha-Giang. *En somme, le faciès calcaire est tout à fait dominant dans le Nord du Tonkin, et il est en relation intime avec les schistes, car on passe des schistes aux calcaires, sans aucune discordance.* J'ai vu cela très bien entre Yen-Minh et Thuong-Lam.

Dans l'étage des schistes on trouve parfois des poudingues et quartzites, comme près de Ha-Giang.

Comme fossiles, je mentionnerai dans les terrains schisto-calcaires des Polypiers que j'ai rencontrés en maints points et quelques Tentaculites. M. Mansuy a signalé antérieurement près de Quang-Ba, des calcaires à *Lingulella.*

Il y a là une série très puissante sur l'âge de laquelle je n'ai en somme aucun renseignement précis si ce n'est qu'elle est sûrement inférieure à l'âge carbonifère. Probablement, elle doit s'étendre à la fois sur le Silurien et sur le Dévonien.

L'allure des couches est variable. Tantôt on les voit extrêmement plissées, avec des strates très redressées, tantôt au contraire, et ceci s'applique surtout aux régions où se présente le calcaire épais, les strates sont largement ondulées, presque horizontales. La direction dominante des couches est ouest-nord-ouest dans la région de Bao-Lac. Quand on s'approche du Fleuve Rouge, elle paraît avoir une tendance à devenir nord-ouest, quoique avec des variations.

Le *métamorphisme* a marqué son empreinte plus ou moins profonde sur toutes ces couches. L'apparence est souvent celle d'auréoles autour des massifs de granite avec un métamorphisme décroissant à mesure qu'on s'éloigne de la roche éruptive. Les schistes ont été transformés en gneiss, micaschistes, schistes micacés, les calcaires en marbres. Le métamorphisme est très étendu. M. Zeil a évalué à 15 kilomètres la distance à laquelle le granite du Phia-Bioc paraît avoir agi. Pour le Pia-Ouac et le Pia-Ya l'auréole ne me paraît pas moindre.

Il est intéressant de constater que, dans ces différents massifs, le granite semble recouper les strates presque horizontales à l'emporte-pièce et sans les déranger aucune-

ment, autrement dit, il forme *culot*. Le phénomène est surtout curieux au Pia-Ya constitué par un pic de granite qui perce et domine les tables presque horizontales du calcaire lequel est marmorisé.

Le Pia-Ouac, le Pia-Ya et le Phia-Bioc, dont les sommets s'élèvent à 2 000 mètres environ, apparaissent comme des sentinelles avancées vers l'Est de l'action métamorphisante. A partir du Pia-Ya je ne connais pas à l'Ouest, jusqu'au delà de la Rivière Claire, de massif de granite. La région est pourtant nettement métamorphisée. Il est remarquable que le point le plus haut de la contrée, le pic ou pour mieux dire l'énorme bosse du Pou-Ta-Ka (altitude, 2 300 mètres) soit constitué par des calcaires qui ont subi, d'après l'échantillon qui m'en a été remis, l'empreinte d'un métamorphisme intense.

En règle générale, dans une même *localité*, le calcaire est moins métamorphique que les couches schisteuses inférieures et il m'a semblé que cette diminution n'est pas due seulement à la différence de nature chimique; je crois réellement que lorsque les couches sont presque horizontales, il y a diminution du métamorphisme, *en une même localité, de bas en haut*. Quand on descend vers le Sud, dans les feuilles de Bac-Ken et de Tuyen-Quang, le métamorphisme général devient plus prononcé, *nous touchons à la région du Fleuve Rouge*, mais là encore, même au milieu des schistes les plus cristallins, les calcaires ont souvent subsisté. En outre, à l'Ouest de Cho-Chu, j'ai constaté l'existence d'un conglomérat gneissifié typique à côté duquel j'ai observé, mais non en place, des blocs d'une brèche semblable à la brèche de la feuille de Pho-Binh-Gia.

Comme fait digne d'attirer l'attention, je noterai encore l'abondance du graphite entre Don-Du et Bac-Kan dans les micaschistes qui forment la bordure orientale des terrains cristallins, à la limite des feuilles de Tuyen-Quang et de Pho-Binh-Gia.

3° **Région du Fleuve Rouge et de la Rivière Noire** (*Feuilles de Pak-Ha, Phong-Tho, Lai-Chau, Lao-Kay, Luc-An-Chau, Tu-Lé, Yen-Bay, Van-Bu, Cam-Ké, Vié-Tri, Van-Yen, Hanoï*). — M. Duclos, contrôleur principal des Mines, a vaillamment exploré cette région difficile. Je vais résumer ses observations.

Je distingue :

A. *Région comprise entre le Song-Chay et le Fleuve Rouge.*
B. *Région comprise entre le Fleuve Rouge et la Rivière Noire.*
C. *Massifs du Mont Tam-Dao et du Mont Ba-Vi, près de Hanoï.*

A. *Région comprise entre le Song-Chay et le Fleuve Rouge.* — Nous avons d'abord, dans la partie supérieure du Song-Chay (feuille de Pak-Ha), une région relativement peu métamorphisée qui comprend à la partie supérieure des calcaires puissants, à la partie inférieure des schistes satinés, *paraissant devenir de moins en moins métamorphisés à mesure qu'on s'éloigne de la carapace calcaire.*

Les points culminants de la région sont ceux de Pak-Ha, à 1800 mètres et de Tsin-Men, à 2000 mètres d'altitude, tous deux dans les calcaires. *La région calcaire n'est, en apparence du moins, pas très plissée*, mais elle l'est cependant davantage que les grandes masses calcaires qui se trouvent à l'Est de Ha-Giang.

Il faut noter qu'entre cette région calcaire de Pak-Ha et la région calcaire de Ha-Giang, s'étend sur 30 kilomètres de largeur environ, dans la partie ouest de la feuille de Ha-Giang, un massif essentiellement métamorphique formé de gneiss et qui

est traversé par du granite. Le pic le plus élevé de cette région est le Tsi-Con-Linh, à 2400 mètres d'altitude ; il est formé de granite.

La région calcaire du Pak-Ha correspond au cours supérieur de la rivière Song-Chay qui offre là une direction indécise. Mais dès qu'elle a quitté cette région calcaire, à partir de Lung-Xa, la rivière coule avec une direction désormais constante sud-est, parallèle au Fleuve Rouge. Cette direction est aussi celle des strates. Les plis sont quasi-verticaux. Entre le Fleuve Rouge et le Song-Chay nous avons ainsi une région entièrement cristalline dont l'axe géographique est occupé par du granite (point culminant Nui-Con-Voi, 1300 mètres) et dont les flancs sont formés de schistes cristallins : gneiss micacés amphiboliques et grenatifères ; — micaschistes, séricitoschistes, leptynites, amphibolites. Le faciès pegmatitique est fréquent. Le graphite n'est pas rare.

Sur la rive gauche du Song-Chay, de puissants massifs de calcaire font leur apparition. Ils paraissent entièrement englobés dans la série cristalline. Des lambeaux de calcaire beaucoup plus restreints se montrent dans la vallée du Fleuve Rouge.

B. *Région comprise entre le Fleuve Rouge et la Rivière Noire.* — Cette région fortement plissée, avec des pendages généralement très accusés, présente une direction assez régulière nord-ouest, sud-est, parallèle au cours du Fleuve Rouge, de la Rivière Noire et aux lignes de relief principales. Des bandes alternatives de granite, schistes cristallins et sédiments ordinaires s'alignent selon cette direction. Les schistes cristallins comprennent : du gneiss, souvent très chargé en magnétite, au point même de contenir localement de véritables amas de minerai de fer, des micaschistes, des calcaires à minéraux. Le sédiments sont formés de quartzites, phyllades et calcaires ; ceux-ci en bancs souvent très épais.

La contrée située entre Lao-Kay et Phong-Tho est celle qui paraît avoir subi l'action métamorphique la plus intense. C'est là, près de Muong-Hum, que s'élèvent, à plus de 3000 mètres d'altitude, les « *Aiguilles* », pics aigus de granite qui, observés de Lao-Kay, montrent des silhouettes extraordinaires se profilant sur le ciel.

C. *Massifs du Mont Tam-Dao et du Mont Ba-Vi, près Hanoï.* - Lorsque l'on monte de Hanoï vers le Haut Tonkin, on traverse, après avoir quitté le delta, une région d'abord assez basse et on atteint les hauteurs par degrés. On a, par suite, l'impression d'une région très fortement et très anciennement érodée. Cependant, tout près de Hanoï, deux anciens massifs montagneux apparaissent comme deux formidables témoins qui auraient résisté au travail du nivellement, car ils se dressent à une altitude de 1000 mètres au-dessus de la plaine. C'est le Mont Tam-Dao et le Mont Ba-Vi.

Le Mont Tam-Dao (Feuille de Vié-Tri) dirigé à peu près nord-ouest, c'est-à-dire parallèlement au Fleuve Rouge, est constitué par des schistes cristallins ; gneiss, micaschistes, avec nombreux bancs de quartz. Le Mont Ba-Vi (Feuille de Hanoï) dirigé nord-sud, c'est-à-dire parallèle au coude de la Rivière Noire entre Hoa-Binh et Hung-Hoa est constitué par des quartzites, amphibolites, schistes satinés et calcschistes micacés. Les roches éruptives y paraissent abondantes.

4° **Région du littoral au Sud de Hanoï** (*Feuilles de Hanoï, Nam-Dinh, Phu-Nho-Quan, Thanh-Hoa, Phat-Diem*). — En s'approchant du Nord vers Ninh-Binh et Thanh-Hoa, les pendages deviennent beaucoup moins accusés. Les schistes cristallins

font place à une formation essentiellement calcaire. Entre Ninh-Binh et Thanh-Hoa, la région a été explorée par M. Bouvier, contrôleur des Mines, qui décrit une formation de calcaires épais, noirs, marbroïdes, avec intercalations parfois très épaisses de schistes violets et verdâtres satinés ayant subi visiblement l'influence du métamorphisme.

Près Ninh-Binh, on a constaté l'existence de gneiss au contact duquel le calcaire devient grenatifère. Un petit amas de granite pointe au cap Chiao, près Thanh-Hoa. On y remarque, au milieu de la masse granitique ordinaire, plusieurs bandes de gneiss à grain fin.

5° **Région du littoral à l'Est de Hanoï** (*Feuilles de Hai-Duong, Haïphong, Hon-Dau, An-Chau, Ke-Bao, Mon-Cay*. — Il convient de distinguer deux sortes de terrains qui sont :

1. Le terrain schisto-gréseux et métamorphique auquel je donnerai le nom de *terrain ancien de Mon-Cay*, parce qu'il occupe une portion importante du territoire de Mon-Cay.

2. Le terrain gréseux désigné par M. Fuchs sous le nom de terrain dévonien et que j'appellerai *grès de Do-Son*, du nom d'une localité très connue où on le rencontre. Do-Son est la plage estivale de Haïphong et de Hanoï.

L'un et l'autre de ces terrains sont certainement d'âge antérieur au calcaire carbonifère.

1° *Terrain ancien de Mon-Cay*.—Dans le territoire de Mon-Cay, ce terrain forme des couches très redressées vers le Sud, avec direction constante E.N.E. parallèle à la côte.

Une coupe générale du Nord au Sud donne la succession suivante :

1° Schistes (localement, faciès de schistes ardoisiers violacés) avec intercalations de bancs de quartzites et de poudingues.

2° Puissante formation de poudingues rouges à gros éléments de grès et de quartz blanc. Ces poudingues constituent la ligne de crêtes de la Grande Mamelle, du Pan-Ai, etc., dont l'altitude s'élève jusqu'à 800 mètres.

3° Schistes bruns contenant quelques bancs de quartzites rouges et verts, très durs.

4° Schistes satinés et micaschistes. Ils constituent la région basse et mamelonnée de Chuc-Phai-Chan, etc.

Dans ces schistes satinés, on aperçoit près de Loc-Phu sur la frontière de Chine un petit amas de granite avec auréole de gneiss et de micaschistes. D'après M. le capitaine de Fraysseix, ce granite se poursuit en Chine, où il forme un massif montagneux assez élevé.

Le grès rouge rhétien, dont je parlerai plus loin, occupe la région basse du littoral et s'étend transgressivement au Nord sur le terrain ancien.

Derrière la ligne de crêtes des terrains anciens, plus au Nord par conséquent, se dressent de hautes montagnes (1 200 à 1 500 m.) aux formes arrondies. C'est le microgranite qui se continue en Chine et paraît y constituer de hautes montagnes.

Il y a ainsi entre la constitution géologique de la contrée de Mon-Cay et ses grands traits géographiques un rapport direct et simple que M. le capitaine de Fraysseix avait parfaitement saisi et qui lui a permis de dresser une excellente carte géologique de détail en même temps qu'il procédait au lever topographique de la demi-feuille est de Mon-Cay.

Sur la demi-feuille ouest, le terrain ancien de Mon-Cay vient s'ennoyer à peu près à la hauteur de Tien-Yen sous les grès rouges rhétiens. Ces terrains, nous le verrons,

sont très peu plissés; de sorte que nous avons sous nos yeux un témoin encore debout d'une chaîne ancienne, antésecondaire, mais où le microgranite, *d'âge postérieur au grès rouge*, est venu s'introduire sans modifier d'ailleurs sensiblement l'allure primitive des strates.

Le terrain ancien de Mon-Cay se retrouve à l'Ouest de Tien-Yen, au fond du Port Courbet. Là il est séparé des terrains rhétiens par les calcaires carbonifères.

Plus à l'Ouest encore, au Nord de Huong-By apparaissent dans trois *fenêtres pratiquées par l'érosion* à travers le manteau des terrains rhétien houiller et rhétien grès rouge, trois lambeaux du terrain ancien de Mon-Cay, parfaitement reconnaissables d'après le faciès. Les strates de ce terrain ancien ont une direction est-ouest parallèle à la direction générale des couches d'âge secondaire et une plongée très forte, vers le Sud, comme les couches de Mon-Cay. Le terrain ancien paraît avoir été abrasé en pénéplaine puis recouvert par les dépôts d'âge secondaire.

2° *Grès de Do-Son.* — Ce terrain se présente dans la presqu'île de Do-Son, sous forme d'un grès quartziteux légèrement rougeâtre, avec rares bancs de marnes vertes intercalées. M. Beauverie m'a dit avoir trouvé des Rhynchonelles dans les quartzites, à la pointe de la presqu'île. Les couches sont presque horizontales.

Le lambeau de Do-Son se rattache visiblement à ceux de Phu-Lien et de la Montagne ou, pour mieux dire, la Colline de l'Éléphant. Ce sont comme trois témoins de la formation, échappés à l'érosion, qui se dressent au-dessus de la plaine du delta, au Sud de Haïphong.

Sur le lambeau de quartzite de la Colline de l'Éléphant repose du calcaire carbonifère. Au Nord de Haïphong, nous avons d'abord la colline de Nui-Déo entièrement composée de quartzite, puis, dans l'île des Deux Songs, se présente le même terrain formant trois bandes allongées dans la direction O.N.O. et alternant avec des bandes parallèles de calcaire carbonifère. Cette disposition est due à trois plis aigus réguliers. Le quartzite apparaît dans les anticlinaux, le calcaire carbonifère dans les synclinaux. A l'Ouest, du côté de Dong-Trieu, le quartzite vient se perdre sous la plaine. De ce côté, les quartzites s'entremêlent de schistes gréseux micacés. A l'Est, du côté de Quang-Yen le même faciès schisto-gréseux se reproduit. Les calcaires carbonifères ont alors totalement disparu. Nous retrouvons ceux-ci au Sud, dans l'île de la Cac-Ba qui en est entièrement constituée. Il semble que les plis qui étaient aigus à l'Ouest, dans l'île des Deux-Songs, se sont évasés à l'Est à la hauteur de Quang-Yen et de l'île de la Cac-Ba.

La formation de quartzite se continue plus à l'Est encore, à Hongay; elle y occupe comme un coin entre le calcaire carbonifère et le terrain rhétien. Des parties vinacées avaient fait imaginer l'hypothèse d'argilophyres. Mais il n'en est rien. Derrière la maison de la Direction des Mines de Hongay, j'ai, avec M. Counillon, trouvé des empreintes de Brachiopodes et de *Fenestella*, trop mal conservées pour permettre la détermination précise de l'âge, mais suffisantes cependant pour attester le caractère paléozoïque.

Le *grès de Do-Son* se retrouve encore dans les îles des baies d'A-Long et de Faï-Tsi-Long. Il avait été déjà signalé autrefois par M. Sarran, dans l'île aux Sangliers. M. le lieutenant Malandain, qui a levé la carte des îles, a tracé la limite des grès et des calcaires carbonifères. Le grès occupe la partie sud de l'île de la Table et toute la

superficie des îles Rousse, Longue, Van-Hai et Ban-Moun. Il est curieux de constater que ces deux dernières îles, ainsi que l'île aux Sangliers, offrent un alignement rectiligne N.N.E. qui est tout différent de la direction des couches qui est E.N.E. Dans l'île aux Sangliers, les strates verticales du quartzite se détachent d'une façon extrêmement nette sur l'a-pic rocheux. D'après des échantillons qui m'ont été remis, le grès de Do-Son se retrouverait encore dans les îles Gottow et Lo-Chu-Chan.

II. — Carbonifère supérieur et Permien inférieur

Le type classique du calcaire carbonifère du Tonkin est représenté par les rochers de la baie d'A-Long. Ce sont des calcaires gris-noir qui apparaissent, tantôt en gros bancs bien lités, tantôt, mais plus rarement, avec une stratification presque indiscernable. On rencontre aussi dans le Haut-Tonkin des calcaires très blancs et qui offrent fréquemment cette particularité d'avoir une cassure spathique. Leur faciès est très différent de celui du calcaire gris-noir, au point qu'on peut distinguer les deux calcaires sur de simples échantillons. Il y a une analogie évidente entre les calcaires noirs et blancs du Tonkin et ceux que j'ai eu l'occasion de reconnaître au Yunnan et qui ont été rapportés respectivement à l'*Ouralien* et au *Permien inférieur*. Dans la description, nos deux niveaux du Tonkin ne sont guère séparables, car les mêmes massifs contiennent le calcaire gris-noir et le calcaire blanc. Des fossiles ont été trouvés aux deux niveaux. Je distinguerai au Tonkin deux aires principales d'extension du calcaire ouralien et permien qui sont :

1° *La région de Haïphong*, *Hongay*, *Kebao*, voisine du littoral et comprenant les îles des baies d'A-Long et de Faï-Tsi-Long.

2° *La région de Lang-Son*, *Cao-Bang*, *Bao-Lac*, qui forme comme une grande auréole autour des terrains primaires d'âge antécarbonifère du Haut Tonkin.

1° **Région de Haïphong-Hongay-Kebao** (*Feuilles de Haï-Duong*, *Haïphong*, *Ke-Bao*, *Mon-Cay*). — A la Montagne de l'Éléphant, près de Haïphong, le calcaire noir repose, comme je l'ai dit déjà, sur les quartzites. — M. Jourdy a recueilli en 1886, dans ces calcaires, *Spirifer mosquensis*, *Athyris*, *Pentremites*, *Syringopora* cf. *geniculata*. — *Spirifer mosquensis* a permis à M. H. Douvillé de fixer l'âge carbonifère.

Les mêmes calcaires noirs se présentent dans l'île des Deux Songs, en bandes alternées avec les quartzites (voir plus haut). — A Phi-Liet, M. Beauverie a observé des Fusulines dans les calcaires. — La grande île de la Cac-Ba est constituée entièrement par les calcaires. A Phi-Liet ainsi qu'à la Cac-Ba, on voit des phtanites à la partie inférieure des calcaires. M. Beauverie m'a signalé également ces mêmes phtanites avec des *Euomphalus* dans le Rocher de Hongay près Hongay. Les calcaires contiennent surtout des Polypiers (*Cyathophyllum*).

J'ai observé près de Cam-Pha, à l'Est de Hongay, la présence de poudingues calcaires fortement cimentés, à la base de la formation. Les nombreuses îles des baies d'A-Long et de Faï-Tsi-Long sont constituées en grande partie par du calcaire carbonifère. J'ai examiné rapidement l'allure des strates en passant en chaloupe au milieu de ces îles. Dans leur ensemble elles se présentent largement ondulées et assez voisines de l'horizontale, cependant j'ai vu aussi, localement, comme un ressaut brusque et les strates

sont et se maintiennent verticales sur une assez grande étendue. On voit encore, de place en place, des grandes cassures qui ont une plongée toujours forte.

2° **Région de Pho-Binh-Gia, Lang-Son, Cao-Bang, Bao-Lac.** — Je subdiviserai cette région en plusieurs.

A. — *Région de Pho-Binh-Gia* (*Feuilles de Pho-Binh-Gia, Lang-Son et Bac-Ninh*). — Les observations ont été faites sur la feuille de Pho-Binh-Gia, par M. le capitaine Zeil, sur celle de Lang-Son, par M. Counillon, sur celle de Bac-Ninh, par M. le lieutenant Mascarel.

Je distinguerai :

a. — *Le massif de la région du Bac-Son et de Xuat-Tac.*
b. — *Le massif de Xuan-Xa et Tong-Noc.*
c. — *Le massif du Kim-Hi.*
d. — *Le lambeau isolé de Yen-Lac.*

a. *Massif de la région du Bac-Son et de Xuat-Tac.* — Le massif calcaire du Bac-Son [1] constitue, dans son ensemble, une sorte de table largement ondulée posée sur les schistes anciens très plissés. L'érosion a découpé en profondeur le plateau calcaire et y a creusé une foule de petits entonnoirs juxtaposés et séparés les uns des autres par des pitons dont les sommets sont tous à peu près à la même altitude. — Sauf dans certains passages connus des indigènes, il est impossible de circuler au milieu de cette masse escarpée, chaotique et recouverte d'une épaisse forêt. Quand l'entonnoir s'élargit, il se forme un cirque. La circulation des eaux est en grande partie souterraine, les pertes de rivières sont très fréquentes. L'on connaît, près de Pho-Binh-Gia, un tunnel de dix kilomètres de longueur qui traverse ainsi les calcaires. Le fond des cirques est parfois plat et il est alors constitué par le calcaire lui-même qui apparaît en têtes de chat à travers la couche alluvionnaire qui le recouvre ; d'autres fois il est mamelonné, l'érosion a alors atteint le substratum, formé de schistes ou microgranite. Ces sortes de fenêtres ouvertes sur le substratum offrent un intérêt tout particulier car elles permettent de bien se rendre compte de la discordance entre le calcaire carbonifère et les schistes inférieurs. Dans des cirques de faible dimension on voit, par exemple, des schistes avec strates très redressées, ou même verticales, alors que les parois du cirque sont constituées par du calcaire avec des strates presque horizontales.

L'emplacement des cirques coïncide le plus souvent avec les parties anticlinales. C'est le cas des deux grands anticlinaux de Mo-Nhai et de Van-Linh dirigés tous deux N.E.

La description qui précède s'applique à la plupart des grands massifs calcaires, du Tonkin, carbonifères ou permiens, notamment à ceux de That-Khé et de Cao-Bang.

M. Zeil a montré que du côté du Sud-Ouest, non loin de la localité de Xuat-Tac, le massif évasé du Bac-Son s'effile en un fuseau par suite d'un pincement de pli synclinal. La direction qui était au Nord de la feuille N.N.E. et N.E. devient E.N.E. dans le

1. La région du Bac-Son est appelée communément par les Français habitant au Tonkin : région du Caï-Kinh, du nom d'un chef pirate qui y tint campagne contre les Français. — La vraie désignation est celle de massif du Bac-Son, puisqu'elle est seule connue des indigènes.

Sud de la feuille. Ceci résulte de la virgation dont j'ai parlé plus haut à propos des terrains anciens.

Dans la feuille de Bac-Ninh, le massif du Bac-Son se termine brusquement au Sud, selon une ligne droite est-ouest. M. le lieutenant Mascarel, qui a levé la carte détaillée de cette région, a vérifié que la direction N.E. se maintient dans les calcaires jusqu'auprès de la bordure. Il y a là sans doute une faille, ou une flexure très brusque.

Du côté de l'Est, la flexure est démontrée. On voit, en effet, les strates du calcaire se recourber brusquement de manière à prendre un pendage sud-ouest presque vertical et former sur vingt kilomètres de longueur l'escarpement très rectiligne dirigé nord-est que suit la ligne de chemin de fer de Hanoï à Lang-Son. C'est la falaise de Bac-Lé. Les terrains secondaires (grès rouge) viennent s'appuyer contre le calcaire avec une direction également nord-est et une plongée très forte vers le Sud-Ouest. La discordance entre les calcaires carbonifères et les schistes secondaires est donc faible.

A partir de Lang-Nac la ligne de séparation des calcaires carbonifères et des terrains secondaires fait un coude vers le Nord. Elle est composée de deux parties, l'une rectiligne dirigée d'abord N.N.E., que je crois être un accident (voir plus loin : Phénomènes tectoniques), l'autre qui est, au contraire, très découpée et qui résulterait plutôt de l'érosion irrégulière des calcaires permiens qui a précédé le dépôt des terrains triasiques. Plus au Nord, d'ailleurs, le Trias repose directement sur les schistes anciens, d'âge antécarbonifère.

Le calcaire du massif du Bac-Son semble par son faciès appartenir à la zone de passage entre le calcaire carbonifère ouralien et le calcaire permien. Sur la falaise de Bac-Lé près de Thanh-Moi; le calcaire devient tout à fait blanc et j'y ai recueilli un échantillon avec Foraminifères que M. Douvillé a déterminé comme *Doliolina*. *C'est donc du Permien.* Par places, on voit des débris de tiges d'Encrines et des sections de Polypiers.

b. *Massif de Xuan-Xa et Tong-Noc.* — Dans la région voisine de Xuan-Xa, ce massif est comme évasé et largement ondulé ; il se prolonge vers le Nord dans la région de Tong-Noc par ce que M. Zeil a appelé un alignement calcaire et qui n'est évidemment que le dernier témoin, épargné sans doute par suite de sa position au fond d'un synclinal, de l'ancien grand manteau du calcaire carbonifère-permien.

M. Zeil décrit le calcaire de cette zone comme ayant surtout le faciès gris-clair du calcaire permien. Il a recueilli près *Xuan-Xa* une belle collection de Brachiopodes déterminés comme suit :

Reticularia cf. *lineata ; Spirifer* cf. *Oldhamianus ; Spirifer striatus* ; *Spiregerella* sp. ; *Productus* cf. *spiralis* ; *Productus gratiosus* ; — Waagen.

A *Tong-Noc,* M. Zeil a vu des calcaires avec phtanites contenant des Fusulines.

c. *Massif du Kim-Hi.* — Je suis d'accord avec M. Zeil pour rapporter, d'*après son faciès,* au Carbonifère-Permien, le calcaire blanc du Kim-Hi, qui forme un massif complètement isolé du reste de la formation du Carbonifère-Permien. Au Nord de ce massif se trouvent des schistes formant des mamelons plus élevés que le massif calcaire et, en prolongeant par la pensée les strates de ces schistes, on les voit venir buter contre l'escarpement du calcaire. Je vois là, *comme en maints autres points du Tonkin,*

l'apparence d'une faille entre calcaire ouralien-permien et schistes d'âge antérieur au dit calcaire. — A vrai dire, il faut, dans un pareil cas, se tenir prudemment en garde contre une interprétation hâtive, car lorsque le schiste ne touche pas le calcaire — et très souvent le contact a été mangé par l'érosion — on peut croire que le schiste vient buter contre le calcaire, alors qu'il passe en réalité dessous, en simple discordance. Je donnerai de meilleurs exemples de failles indubitables entre calcaires ouraliens-permiens et schistes siluriens-dévoniens.

d. *Lambeau de Yen-Lac.* — Il s'agit d'un petit lambeau de calcaire blanc posé sur les schistes anciens, entre Yen-Lac et le Kim-Hi que j'ai reconnu en mars 1905 et qui est pétri de Foraminifères où M. Douvillé distingue des *Schwagerina*, peut-être des *Doliolina*.

B. — *Région de Lang-Son* (*Feuille de Lang-Son*). — Ici nous avons plusieurs petits massifs calcaires isolés au milieu des schistes triasiques. Ces massifs sont ceux de *Lang-Son;* de *Khon-Loc;* de *Dong-Dang* à *Khan-Khé;* de *Dong-Dang* à *Na-Cham.* M. Counillon, qui les a visités, y a recueilli des échantillons qui montrent des sections de Polypiers, Brachiopodes et Gastropodes ; aucun individu n'a pu être dégagé. Près de Dong-Dang j'ai observé un calcaire blanc à *Fusulina japonica* (détermination de M. Douvillé).

Les calcaires présentent des strates toujours faiblement ondulées de sorte que, si on écarte l'hypothèse assez peu vraisemblable à priori, mais cependant *possible,* dans une certaine mesure, que ces calcaires représentent d'anciens îlots de la mer triasique, on est conduit à expliquer l'intrusion des massifs calcaires au milieu des schistes en faisant intervenir des failles proprement dites ou bien des flexures comparables à celles que j'ai décrites plus haut comme existant le long de la falaise Bac-Lé-Thanh-Moi.

Effectivement, grâce à la tranchée du chemin de fer, j'ai constaté l'existence d'une faille verticale très nette entre calcaires permiens (strates indiscernables) et schistes triasiques (strates horizontales), au Sud du petit massif de Lang-Son, à un kilomètre de la gare de Lang-Son. De même j'ai cru observer une flexure à la limite est du même massif sur la route de Lang-Son à Loc-Binh.

Le petit massif isolé de Dong-Dang, Na-Cham, qui s'avance en pointe près de Na-Cham me paraît être limité par deux failles, l'une, nord-est, de Dong-Dang à la porte de Chine, l'autre, nord-ouest, de Dong-Dang à Na-Cham. La première est dans le prolongement de la grande flexure du Bac-Son. La seconde est dans le prolongement de ce que j'appellerai plus loin la grande faille de Lang-Son-Cao-Bang. Ces deux accidents forment des escarpements verticaux contre lesquels viennent s'accoster les schistes ou le microgranite. Le calcaire du massif Dong-Dang–Na-Cham a des strates presque absolument horizontales : *il contient des cordons de phtanite.*

C. — *Région de That-Khé, Ha-Lang et Cao-Bang* (*Feuilles de That-Khé, Ha-Lang et Cao-Bang*). — MM. le capitaine Zeil, le capitaine Galland et le lieutenant Mollard ont tracé sur leurs cartes les aires d'extension des calcaires. M. Mollard a distingué les calcaires à phtanites des calcaires ordinaires. M. Zeil a distingué le

calcaire blanc du calcaire gris-noir. M. Mansuy a repris et complété ces observations.

Il s'agit ici d'un massif très important par son étendue car, en fait, il est bien loin de se limiter aux trois feuilles que je viens d'énumérer. En effet, il se continue sans interruption au-delà de ces feuilles vers l'Ouest, par les massifs calcaires de la région de Bao-Lac et vers l'Est, par les massifs calcaires de Long-Tchéou en Chine.

D'après les renseignements qui m'ont été fournis je présume aussi qu'ils se poursuivent en Chine au Nord de Cao-Bang bien au-delà de cette localité.

Le mémoire de M. Leclère sur la Chine méridionale signale d'ailleurs le calcaire à *Productus* comme la formation dominante dans l'itinéraire compris entre Nan-Ning et la frontière du Tonkin.

Le massif calcaire de la région That-Khé, Ha-Lang, Cao-Bang occupe en gros la partie du pays située à l'Est (ou au Nord) d'une ligne presque droite dirigée N.N.O., et qui serait tirée de Lang-Son à Cao-Bang. La partie immédiatement située à l'Ouest (ou au Sud) de la dite ligne est, au contraire, antécarbonifère et est composée de schistes anciens entièrement dépourvus de calcaire. A partir de Cao-Bang la ligne de séparation des calcaires carbonifères d'avec le terrain silurien-dévonien suit à peu près une ligne est-ouest jusqu'à hauteur de Nguyen-Binh puis, elle prend une direction nord-ouest vers Bao-Lac. — J'ai déjà dit qu'à l'Ouest de la feuille de Cao-Bang le terrain silurien-dévonien devient schisto-calcaire et même comprend des calcaires puissants. Aussi, sur la carte dressée par les officiers, il y a eu en quelques points, notamment sur la route de Nguyen-Binh à Bao-Lac, confusion inévitable entre le calcaire carbonifère et celui auquel je donne provisoirement le nom de calcaire dévonien. Une étude attentive permettra seule de faire la distinction et d'ailleurs, en l'absence de fossiles, elle ne sera pas toujours aisée.

Sous la réserve que je viens d'énoncer et abstraction faite des nombreuses et grandes *fenêtres* laissant apercevoir, sous les calcaires carbonifères, les schistes antécarbonifères, la masse du calcaire qui couvre la région formée par : la partie nord-est de la feuille de That-Khé (à l'Est de la route Lang-Son, Cao-Bang), la presque totalité de la feuille de Ha-Lang, et les quatre cinquièmes de la feuille de Cao-Bang ; *cette masse calcaire, dis-je, constitue à mes yeux une seule et même formation que j'identifie largo sensu au calcaire ouralien de la baie d'A-Long et au calcaire ouralien-permien de la région de Pho-Binh-Gia et de Lang-Son.*

Cette assimilation résulte pour moi, d'abord de la considération du faciès et ensuite de l'examen des conditions géologiques.

En ce qui concerne le faciès, nous constatons, comme dans la baie d'A-Long, l'existence d'une formation inférieure de bancs calcaires bien lités et d'une formation supérieure de bancs calcaires massifs à strates indiscernables. Mais je dois dire que les différences entre les deux formations sont plus tranchées qu'en baie d'A-Long. La formation inférieure contient des bancs schistoïdes, quelquefois avec poudingues calcaires, au Nord de Cao-Bang (du côté de Bo-Gai, ainsi que de Nham-Nhung), tandis que du côté de Ha-Lang les phtanites dominent, et forment des bancs dont l'épaisseur atteint et dépasse parfois dix mètres. J'ai déjà noté la présence des phtanites, mais bien moins abondants, dans les calcaires de la baie d'A-Long. Il est à remarquer que, dans les calcaires bleus épais de la région de Pho-

Binh-Gia qui ont été rapportés au Dévonien, M. Zeil ni moi n'avons jamais constaté l'existence des phtanites ; ceux-ci se rencontrent seulement dans les calcschistes inférieurs aux calcaires bleus épais.

Je n'ai vu le calcaire blanc, à faciès du niveau permien qu'en un point, entre Trung-Khan-Phu et Nam-Nhung. M. Zeil le signale, de son côté, près de Ta-Lung.

Au sujet des conditions géologiques, l'étude n'a pas été poussée assez à fond pour qu'on puisse les définir avec précision. Mais, en parcourant rapidement la région de Cao-Bang, That-Khé, j'ai gardé l'*impression* très nette que tous les calcaires massifs paraissaient faire partie d'une même formation obéissant aux mêmes mouvements orogéniques, sans discordance sensible, Étant donnée la discordance observée ailleurs entre le calcaire carbonifère et les terrains antécarbonifères, je crois donc qu'on peut, *jusqu'à preuve du contraire,* retenir cette observation comme un argument à l'appui de l'hypothèse de l'unité d'âge des calcaires massifs de la région considérée.

Les fossiles sont rares. Cependant, dans les phtanites, M. Mollard a recueilli une Rhynchonelle. M. Mansuy et moi, nous n'avons guère recueilli que des Polypiers où M. Mansuy distingue *Cyathophyllum, Favosites, Chætetes, Syringopora,* ce dernier Polypier ayant des affinités avec *Syringopora* cf. *geniculata,* de la Montagne de l'Éléphant, près de Haïphong.

Près de Nam-Nhung, à Lung-Louan, j'ai trouvé des Foraminifères (Fusulines). Cette dernière détermination élimine pour le gisement considéré l'hypothèse d'un âge antécarbonifère.

La puissance de la formation calcaire est considérable. Elle ne paraît pas être inférieure à 1000 mètres.

Je vais maintenant m'occuper de la tectonique et tout d'abord je présenterai certaines remarques touchant à la fois à la géographie et à la géologie.

Lorsqu'on jette les yeux sur la carte géologique établie par les officiers, on est frappé de certains traits caractéristiques qu'elle présente.

C'est d'abord la grande ligne régulière de séparation des schistes à l'Ouest et des calcaires à l'Est, laquelle suit un alignement N.N.O.. de Lang-Son à Cao-Bang. Le long de cette ligne les calcaires présentent un escarpement vertical contre lequel viennent s'accoter les schistes ou le microgranite. Cette direction N.N.O. est aussi celle que présente, en général, dans leur plus grande longueur, les fenêtres que l'érosion a pratiquées à travers les calcaires.

Dans la région de Cao-Bang nous observons en outre de grands escarpements qui atteignent jusqu'à 700 mètres de hauteur, *parfaitement rectilignes,* ayant toujours une direction N.N.O. ou N.O. et paraissant découper la grande masse calcaire en plusieurs compartiments distincts dont chacun a une physionomie géographique spéciale. Cette particularité a trouvé son expression, comme il est d'usage, dans le langage du pays. Chaque compartiment est, en effet, un « *pays* » spécial, possédant son nom propre. Nous avons ainsi le massif des Ba-Chau (ce qui veut dire des Quatre-Cantons), du Luc-Khu, de Lung-Sung et de Tap-Na.

La grande falaise de Mo-Xat est, au regard de sa rectilignité, l'escarpement le plus remarquable que j'ai observé. Il limite à l'Est le massif de Lung-Sung. Dans le même

ordre d'idées, M. Mansuy signale les escarpements très rectilignes qui limitent à l'Ouest les massifs du Luc-Khu et des Ba-Chau.

Tout ceci évoque l'idée de failles. Et il est facile de se rendre compte qu'il y a bien, en effet, des failles.

Je possède à ce sujet deux observations décisives. A mi-chemin entre Bo-Gai et Soc-Giang, nous nous trouvons en présence d'un grand escarpement calcaire dirigé E.O. limitant au Nord le massif de Lung-Sung. Contre cet escarpement viennent s'appuyer des schistes. Le contact des calcaires et des schistes a été déchaussé par un ravin selon une ligne qui court du haut en bas de l'escarpement, de sorte qu'il est manifeste que l'*escarpement vertical* marque bien une *surface de contact* des calcaires et des schistes et non pas une surface d'érosion quelconque. Le chemin qui est d'abord dans les calcaires passe sur les schistes au voisinage d'un col. Là, je constate que les schistes ont une stratification mouvementée, non parallèle à la surface de contact des schistes et des calcaires. D'autre part les calcaires ont une stratification peu inclinée. *Tout ceci évidemment n'est explicable que par une faille.* J'ai décrit avec détail la précédente observation parce qu'elle me servira de type pour des observations toutes semblables que j'ai faites en plusieurs autres points de la région Cao-Bang-Bao-Lac. Je me contenterai, pour les définir, de dire alors que le contact entre schistes et calcaires a lieu comme à Soc-Giang. Je complète ma description. Au bas de l'escarpement, j'ai observé une *brèche de friction* admirablement nette, à la séparation des calcaires et des schistes. La brèche a une épaisseur qui peut atteindre environ un mètre ; elle forme visiblement un placage vertical sur l'escarpement du calcaire et est constituée par des blocs de calcaire arrondis, gros comme la tête, *empâtés dans un ciment de schistes* dont l'origine est bien reconnaissable, car le schiste, tout à fait identique d'aspect, est en place à quelques mètres de là seulement.

Ainsi la preuve de l'existence de la faille est complète.

Le même massif de Lung-Sung, limité au Nord par la faille de Soc-Giang, à l'Est par le grand alignement de Mo-Xat qui est une faille très probable (d'après l'observation des strates des schistes et calcaires au voisinage de l'escarpement), se trouve limité à l'Ouest et séparé du massif de Tap-Na par un troisième accident. — Entre les deux massifs calcaires se présente en effet un long couloir dirigé N.N.O., qui est en grande partie occupé par les terrains schisteux antécarbonifères, lesquels forment placage contre les escarpements calcaires à l'Est et à l'Ouest. Étant donnée la faible inclinaison des strates calcaires, il me paraît difficile de voir là autre chose que le reste d'un voussoir surélevé qui serait resté coincé entre les deux grands voussoirs affaissés du Lung-Sung et de Tap-Na. Plus au Nord, près de Bo-Gai, le couloir est occupé par le microgranite. L'érosion a déchaussé le contact du microgranite et des calcaires, de façon à dessiner une muraille qui court le long de la montagne en s'élevant et s'abaissant, mais avec une direction constante N.N.O.

Le massif de Lung-Sung est ainsi très significatif, étant entouré de failles sur trois de ses côtés.

Je signalerai encore l'existence d'une autre brèche de friction sur la feuille de That-Khé, entre Po-Ma et Na-Lan. Je l'ai constatée près du col de Cao-Danh, au

point culminant de la route. Les conditions sont toutes comparables à celles de la faille de Soc-Giang.

Une autre brèche de friction m'a été signalée par M. le capitaine Galland comme ayant été observée par un officier de sa brigade au lieu dit Toc-Lam contre le grand alignement du rocher de Cao-Bang. Sur la route de That-Khé à Cao-Bang, *le long du grand alignement N.N.O. de Lang-Son, à Cao-Bang*, on observe facilement le contact entre calcaires et schistes. *Sauf la brèche de friction, il est tout à fait analogue au contact de Soc-Giang.*

La présence des longs *couloirs* dans le calcaire est un trait caractéristique de la géographie de la région de Cao-Bang, That-Khé. Mais la présence des schistes dans ces couloirs, comme à l'Ouest du massif du Lung-Sung, reste un phénomène exceptionnel. Au contraire, on constate fréquemment dans ces couloirs la présence du microgranite ou du microgabbro. Je reviendrai sur cette observation.

Je dirai maintenant quelques mots de *l'allure des strates du calcaire épais. Considérée dans son ensemble,* cette allure est en somme peu mouvementée. *Le pendage des couches est très généralement faible.*

Ceci pourrait se laisser induire d'un simple coup d'œil jeté sur la carte géologique dressée par les officiers. Ces grands espaces, occupés toujours par les mêmes calcaires, et qui sont seulement interrompus de temps en temps par des vides où apparaissent les schistes que *nous savons être d'un âge antérieur au calcaire,* tout ceci n'est guère compatible *à priori* avec l'idée que nous pourrons nous faire de plissements intenses ayant affecté les calcaires.

L'observation directe, d'accord avec les indications données par les fossiles, montre d'ailleurs nettement que les calcaires reposent sur les schistes. Entre Trung-Khan-Phu et Cao-Bang, elle est notamment tout à fait probante. Dans la région des Ba-Chau, il arrive parfois que les calcaires et les schistes alternent en bandes parallèles. Les schistes occupent les anticlinaux et les calcaires les synclinaux. La discordance entre les calcaires et les schistes est moins visible que dans la région de Pho-Binh-Gia. Et ceci tient peut-être à ce que les anticlinaux récents paraissent avoir une tendance à se reformer sur l'emplacement des anciens anticlinaux.

La direction des strates calcaires est bien loin d'être constante. La carte des aires rocheuses montre surtout des ellipses de schiste allongées dans la direction N.O., mais entre Trung-Khan-Phu et Ban-cra les ellipses s'allongent au contraire dans la direction E.O et N.E. L'anticlinal du canton de Nga, entre Ban-Cra et Ban-Gioc, est nettement nord-est. M. Mansuy, qui a fait de nombreuses observations de direction, a trouvé tour à tour les deux directions N.E. et N.O. et la première, dit-il, n'est pas moins fréquente que la seconde. *En somme, je considère qu'il y a eu comme un conflit entre ces deux directions.* J'aurai l'occasion de revenir sur ce point important quand j'exposerai la synthèse des phénomènes tectoniques.

J'ai dit que le pendage général des couches calcaires est faible. Cependant ce pendage devient parfois très redressé. Et certaines régions, telles que celle entre Soc-Giang et Nam-Nhung, ont même une stratification assez tourmentée.

Au sujet des modifications dans l'allure des strates, le quadrilatère Trung-Khan-Phu, Ban-gioc, Ha-Lang et Cao-Bang est bien intéressant à observer. Entre Trung-Khan-Phu

et Tong-Hué, sur la route de Trung-Khan-Phu à Cao-Bang, nous voyons, par exemple, une succession régulière de larges plis. Mais au lieu de se produire par des variations de courbure progressives, nous remarquons, par exemple, une grande table de calcaire d'abord horizontale qui se recourbe brusquement selon la verticale pour reprendre ensuite non moins brusquement l'horizontalité première. Plus au Sud, vers Quang-Uyen, une modification de cette nature dans les strates paraît être accompagnée d'une vraie faille entre calcaires carbonifères et schistes antécarbonifères.

La disposition des strates flexurées ou strates en marche d'escalier, je veux dire avec ressauts verticaux brusques, presque toujours dans le même sens, et séparant de larges zones où les strates sont peu inclinées, *constitue une loi générale de la tectonique des calcaires carbonifères,* non seulement dans la région de Cao-Bang, mais encore dans celle de Bao-Lac, dont je vais parler tout à l'heure. *Elle a donc une importance de premier ordre.*

Je note encore que près de Nham-Nhung, le calcaire est très disloqué : nous avons alors de nombreuses cassures bien visibles avec des variations brusques dans les strates de part et d'autre des cassures qui présentent ainsi le caractère classique des rejets ordinaires.

En réunissant les observations qui précèdent, il apparaît clairement que la région Lang-Son, Cao-Bang, a été le siège d'importantes dislocations radiales qui ont produit tantôt de grandes flexures, tantôt de grandes failles, et parfois de véritables champs de fracture.

Je donnerai pour terminer quelques renseignements sur les altitudes. Le point le plus élevé de la feuille de Cao-Bang est situé dans le coin nord-ouest de la feuille. C'est le Taa-Po (altitude 1 730 mètres), sommet d'un massif de microgabbro qui perce à travers les calcaires. A côté est le point dit Kinh-Phu-Long, dans les calcaires (altitude 1 470 mètres). Dans le massif de Lung-Sung le point culminant est dans les calcaires et s'élève à 1 340 mètres. Dans le massif de Luc-Khu, il s'élève à 1 100 mètres. Dans les Ba-Chau, il atteint 1 003 mètres au Rocher de Cao-Bang. D'une façon générale, les altitudes les plus fortes sont au Nord, près de la frontière de Chine. On aperçoit de ce côté de grandes montagnes.

D. — *Région de Bao-Lac* (*Feuilles de Bao-Lac et Yen-Minh*). — Les calcaires massifs de la feuille de Cao-Bang se continuent au Nord-Ouest dans les feuilles de Bao-Lac et de Yen-Minh. Je les ai observés par deux courses, l'une faite à l'Est de Bao-Lac jusqu'à Lung-Matt, tout près de Bo-Gai, l'autre au Nord de Bao-Lac, à travers le plateau calcaire du Dong-Quan dont l'altitude dépasse 1500 mètres. A Lung-Matt j'ai observé un ensemble puissant de calcaires à strates bien litées, avec quelques lits de silex. Les strates sont largement ondulées, tout en présentant quelques dénivellations brusques et aussi quelques cassures.

Dans le Dong-Quan, même allure de strates avec flexures très bien marquées, notamment à Pho-Bang où elles se dessinent sur un escarpement. Les calcaires offrent les deux faciès : 1° calcaire gris noir bien lité avec cordons siliceux ; 2° calcaire blanc à cassure spathique. Dans le premier calcaire j'ai observé des Polypiers et des Fusulines (près de Méo-Vac). Dans le second calcaire, j'ai recueilli aussi des

Fusulines (près Dong-Van) et des Brachiopodes *(Productus, Spirigerella)*, entre Méo-Vac et Dong-Van.

La route de Bao-Lac à Dong-Van quitte les schistes et aborde le plateau calcaire du Dong-Quan par une faille manifeste dirigée O.N.O. (observation comme à Soc-Giang, moins la brèche de friction).

Cette faille, O.N.O., s'étend tout le long du calcaire du Dong-Quan et le limite nettement, au Sud, des schistes et calcaires d'âge silurien-dévonien.

III. — Trias

Le Trias est connu en un point, celui de *Lang-Son*, et présumé en deux autres, à *Na-Ton* (feuille de Pho-Binh-Gia) et à *Binh-Lieu* (feuille de Mon-Cay). Je dirai d'abord quelques mots de ces deux dernières localités.

La découverte du Trias à *Na-Ton* a été faite par M. Zeil, qui signale un ensemble de terrains, schistes et calcaires marneux, reposant en stratification presque horizontale sur les schistes siluriens plissés. Un échantillon du calcaire marneux montre une section de Gastropode que M. H. Douvillé n'hésite pas à rapporter à une formation d'âge secondaire. M. Zeil rapporte encore au Trias, d'après le faciès, un autre petit lambeau de terrain qu'il a reconnu à Na-Tack, localité située à 14 kilomètres à l'Ouest de Na-Ton.

Entre Binh-Lieu et Tien-Yen j'ai observé, de mon côté, très localement des schistes noirs et bruns et des grès de couleur claire avec nombreuses empreintes de *Posidonia*. Le faciès de ce terrain est tout différent de celui du terrain rouge de Mon-Cay (grès rouge rhétien) et assez semblable au contraire à celui du Trias de Lang-Son. Je suppose qu'il doit s'y rejoindre par la Chine, car, d'après mes observations sur la route de Tien-Yen à Lang-Son et les renseignements qui m'ont été donnés sur la nature du terrain au Tonkin, un peu au Nord sur la frontière chinoise, je doute que le Trias de Lang-Son se retrouve, au Tonkin, près de cette frontière ailleurs qu'autour de Lang-Son et près de Binh-Lieu.

Trias de Lang-Son (*Feuilles de Lang-Son, Pho-Binh-Gia, That-Khé*). — Le Trias de Lang-Son a été étudié par M. Counillon qui y a reconnu les trois faciès suivants :

1° Schistes gréseux, au Sud-Ouest de la feuille de Lang-Son.

2° Schistes bruns et noirs, avec calcschistes intercalés, dans la région avoisinant immédiatement Lang-Son, au Nord et au Sud.

3° Schistes jaunes tendres, avec calcaires intercalés, au Nord et à l'Ouest de la feuille.

En outre, j'ai constaté localement dans les schistes triasiques, sur la route de Lang-Son à Loc-Binh, au contact avec les calcaires ouraliens-permiens dont j'ai parlé plus haut (page 18), un petit banc de poudingue à ciment calcaire et composé de galets de calcaire ouralien-permien. *Ceci est l'indice d'une ancienne ligne de rivage voisine.* Le terrain triasique est limité au Sud à peu près à hauteur de Lang-Nac et à l'Est, à peu près à hauteur de Loc-Binh, par les grès rouges rhétiens. A l'Ouest, il est limité d'abord par les calcaires du massif de Bac-Son, puis par les schistes antécarbonifères (voir ce que j'ai écrit plus haut à ce sujet, page 17). La délimitation précise avec ces

schistes n'a pas encore été faite. Les schistes triasiques m'ont paru se continuer, vers le Nord de cette limite ouest, au moins jusqu'à Bi-Nhi, sur le Song-Ki-Kong, près de la frontière de Chine. Vers le Sud de la dite limite ouest, de récentes observations de M. Mansuy (1907), appuyées sur plusieurs découvertes de gisements fossilifères montrent que les schistes triasiques s'étendent jusqu'auprès même de Pho-Binh-gia et non loin de Van-Linh, notablement plus à l'Ouest que M. Zeil et moi ne l'avions supposé.

Au Nord, les terrains triasiques passent en Chine : leur extension s'arrête sans doute de ce côté au calcaire carbonifère de Long-Tchéou. Mais du côté du Nord-Est nous ne savons pas si le Trias s'étend peu ou beaucoup.

De nombreux fossiles ont été recueillis par M. Counillon sur la feuille de Lang-Son. M. Mansuy a déterminé à Hanoï : *Danubites himalayanus* Griesbach, du Trias inférieur de l'Inde. Cette détermination est confirmée par M. Douvillé.

Je citerai en outre les genres : *Norites* (semblable à l'échantillon étudié par M. Douvillé en 1896), *Spiriferina*, *Myophoria*, *Cassianella*, *Posidonia*, *Pseudomonotis*, *Avicula*.

Dans leur ensemble, les schistes, grès et calcaires triasiques de la région de Lang-Son, paraissent assez plissés. *Ils le sont certainement beaucoup plus que les calcaires ouraliens-permiens qui percent à travers*. La direction générale des couches est N.N.E.

Les couches triasiques ont été traversées par des amas importants de microgranite. Topographiquement, cette roche forme, à l'Ouest de Lang-Son, des cônes assez réguliers dont l'altitude atteint et dépasse 800 mètres. Ces grès dominent à la fois la région mamelonnée des schistes, dont l'altitude ne dépasse pas 500 mètres, et les rochers calcaires qui, à Lang-Son, s'élèvent à peine à 400 mètres de hauteur, tandis qu'ils atteignent 500 mètres dans le massif de Dong-Dang, Na-Cham et 680 mètres dans le massif du Bac-Son. A l'Est de Lang-Son, la Montagne du Mau-Son s'élève brusquement à l'altitude de 1540 mètres. Elle est formée de schistes et de grès qui, au dire de M. Counillon, ne peuvent être distingués de l'ensemble des terrains triasiques. Ils sont traversés par de nombreux filons de quartz.

Tout à côté de la Montagne de Mau-Son, sur la route de Loc-Binh à Tien-Yen, le terrain est affecté d'un très grand nombre de petits rejets dans tous les sens. Une apparence analogue s'observe dans les schistes triasiques au voisinage de la grande flexure du massif du Bac-Son ; elle est mise en évidence de la façon la plus nette par les tranchées du chemin de fer. Les rejets ont tous les pendages, toutes les directions. L'aspect est celui d'un terrain qui a subi un effort intense de torsion sous lequel il se serait brisé en une multitude de morceaux.

IV. — Terrain dit houiller (Rhétien)

1° **Terrain houiller rhétien de la bande littorale** (*Feuilles de Haï-Duong, Haïphong, An-Chau, Ke-Bao, Mon-Cay*). — Le terrain houiller rhétien du Tonkin occupe principalement une grande bande voisine du littoral et dirigée grossièrement est-ouest, en s'étendant depuis Sept Pagodes à l'Ouest jusqu'à Ke-Bao à l'Est.

A ses extrémités est et ouest, le terrain houiller rhétien disparaît sous le grès rouge rhétien.

Au Nord, comme au Sud, sa limite est constituée par des terrains de nature variable.

Au Nord, partant de l'Ouest, nous avons d'abord des poudingues à galets de quartz blanc qui semblent former passage entre le terrain rhétien et le grès rouge.

J'ai dit plus haut (page 14) que des lambeaux du terrain ancien de Mon-Cay apparaissent sous le terrain houiller rhétien ou le grès rouge, (il est assez difficile de préciser), grâce à des fenêtres pratiquées par l'érosion à travers ces terrains.

Au fond du Port Courbet, la limite du Houiller rhétien est constituée par les calcaires carbonifères derrière lesquels se présentent les schistes anciens.

Plus à l'Est, les grès rouges réapparaissent et forment désormais la limite nord jusqu'à la disparition du terrain houiller à l'Est de Ke-Bao.

Au Sud, partant toujours de l'Ouest, la limite du terrain houiller rhétien est formée d'abord par les grès anciens de Do-Son, puis par les calcaires carbonifères, en face du Dong-Trieu, par le grès de Do-Son, en face de Huong-By; un lambeau de ce grès de Do-Son se voit, comme je l'ai dit, à Hongay, entre le Houiller rhétien et le calcaire carbonifère. A partir de Hongay jusqu'à Ke-Bao, la limite sud du terrain houiller rhétien redevient le calcaire carbonifère.

Je rappelle que le terrain houiller-rhétien est une formation essentiellement détritique composée de grès et de poudingues, avec de nombreuses intercalations schisteuses de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, contenant les couches de charbon et les belles empreintes de plantes étudiées par M. Zeiller. Les couches de charbon sont exploitées dans trois centres qui sont Dong-Trieu à l'Ouest, Hongay au centre et Ke-Bao à l'Est. *L'allure des strates* est la suivante :

A Dong-Trieu, les couches présentent une direction générale est-ouest.

Dans leur ensemble, elles m'ont paru former un grand anticlinal dont le flanc sud plonge fortement vers le Sud et vient buter contre les grès de Do-Son et les calcaires carbonifères, tandis que le flanc nord plonge doucement vers le Nord, sous le grès rouge.

A Hongay, les couches assez ondulées ont une direction générale N.N.O. ou N.S. qui coupe en biseau (parfois normalement) la ligne de séparation du Carbonifère et du Houiller rhétien.

A Ke-Bao, la direction des couches est E.N.E. ou N.E. Les couches constituent en gros un anticlinal dont le flanc nord plonge au Nord, *sous le grès rouge*, tandis que le flanc sud vient buter au Sud *contre le calcaire carbonifère.*

L'exploitation des couches faites à *Ke-Bao* a permis de reconnaître d'assez nombreuses failles et qui paraissent importantes.

A *Hongay*, des failles semblent aussi exister au quartier de Ha-Tou. D'autre part, dans le découvert de la mine, on remarque que la couche de charbon est affectée de très nombreuses petites cassures (parfois avec rejets).

Au *Dong-Trieu*, des failles ont été reconnues en plusieurs points.

Au point de vue topographique, je noterai l'altitude assez élevée, 500 mètres, de

la chaîne proprement dite du Dong-Trieu. A Hongay et Ke-Bao l'altitude ne dépasse pas 300 mètres.

2° **Terrain rhétien de Ben-Mo** *(Feuille de Van-Yen).* — Il s'agit d'un lambeau de terrain rhétien sur lequel l'attention s'est portée, il y a deux ans, à l'occasion de la découverte de mines de charbon. Je veux parler du petit bassin rhétien de *Ben-Mo*, qui était déjà indiqué dans la notice de M. Mallet.

Je ne l'ai pas visité. M. Duclos, qui l'a vu, m'a dit que le terrain rhétien s'y montre avec un faciès assez spécial, plus schisteux que celui du littoral. Chose singulière, le bassin des terrains secondaires est entouré de tous côtés par des escarpements des calcaires paléozoïques qui le dominent topographiquement. Ce gisement rhétien mérite, au point de vue géologique, une attention spéciale. Peut-être y trouvera-t-on des fossiles animaux qui ont toujours manqué jusqu'ici dans les terrains essentiellement détritiques du Rhétien du Dong-Trieu, Hongay, Ke-Bao.

3° **Terrain rhétien à l'Ouest de Ninh-Binh** *(Feuilles de Hanoï et de Phu-Nho-Quan).* — La formation rhétienne contenant des couches de charbon vient de m'être signalée comme existant à l'Ouest du Delta.

V. — Grès rouge (Rhétien)

(Feuilles de Mon-Cay, An-Chau, Haïphong, Hai-Duong, Bac-Ninh, Pho-Binh-Gia, Tuyen-Quang, Vié-Tri, Lang-Son). — A défaut d'une indication d'âge précise je donne à ce terrain une dénomination tirée de son faciès dominant. Il forme une large bande qui court depuis Mon-Cay, à l'Est, jusqu'à Thaï-Nguyen à l'Ouest, en couvrant les régions du Sud de Mon-Cay, de Tien-Yen, du Nord de Ke-Bao, d'An-Chau, et de Phu-Lang-Thuong.

Le grès rouge s'étend *transgressivement* sur des terrains d'âge très différents qui sont :

1° Au Nord de Mon-Cay, les schistes anciens de Mon-Cay.

2° Au Sud de Ke-Bao et du Dong-Trieu, le terrain houiller rhétien.

3° Près de Thaï-Nguyen, le terrain silurien-dévonien non métamorphisé, ainsi que les schistes cristallins du Tam-Dao.

4° Au Sud et à l'Est du massif du Bac-Son, les calcaires carbonifères ou permiens.

5° Au Sud et à l'Est de Lang-Son, le terrain triasique de Lang-Son.

J'ai observé une transgression nettement discordante du grès rouge sur les schistes anciens, antécarbonifères de Mon-Cay et de Thaï-Nguyen ; au contraire, la discordance sur les autres terrains, y compris le calcaire carbonifère ou permien, est inappréciable

Le centre du bassin est à Xa-Ly, au Nord d'An-Chau. En cette localité la formation est constituée exceptionnellement par des grès fins et des schistes de couleur claire ; on est donc relativement éloigné de l'ancien littoral.

Près de Sept-Pagodes, au Nord de Huong-By, la formation paraît, au contraire, essentiellement littorale, car elle est composée de poudingues à gros éléments de quartz roulés. Au-dessus de ces poudingues se montrent à Phu-Lang-Thuong, Thaï-Nguyen, etc., des grès rouges micacés.

A Mon-Cay, le grès rouge, qui repose sur le terrain ancien, montre, à la base, une

couche très constante de poudingues à gros morceaux de quartz (que M. de Fraysseix a suivie et tracée sur la carte), puis, au-dessus, des grès d'abord grossiers, ensuite de plus en plus fins, mais toujours de couleur rouge, à stratification souvent entrecroisée, avec des bancs de marnes vertes intercalés.

A Ke-Bao comme au Nord de Huong-By le passage entre le terrain houiller rhétien et le grès rouge rhétien est marqué par des poudingues de quartz blanc. La route de Tien-Yen à Lang-Son traverse le grès rouge depuis Tien-Yen jusqu'à Loc-Binh. A moitié chemin entre ces deux localités, à Dinh-Lap, le faciès ordinaire du grès rouge de Tien-Yen change un peu, on passe à des schistes gréseux versicolores. Avant d'arriver à Loc-Binh, le faciès change encore, les grès deviennent noirâtres ou rosés et passent aux quartzites. Ils s'entremêlent de schistes verdâtres et bruns et quelque peu de calcaire. On est alors dans le Trias de Lang-Son. Le changement de faciès est rapide. Ceci mériterait une étude spéciale.

Le grès rouge nous a donné des fossiles en trois points :

1° A *Chuc-Phai-Chan,* sur la feuille de Mon-Cay, j'ai recueilli dans une couche de schistes noirs, à la base de la formation, de belles empreintes de plantes. M. Zeiller a bien voulu les examiner et m'a communiqué les déterminations suivantes qui confirment, sauf deux retouches, celles que M. Mansuy avait faites à Hanoï.

Cladophlebis cf. *lobifolia; Pterophyllum* cf. *Portali; Otozamites* cf. *Latieri; Pterophyllum contiguum ; Baiera* cf. *Guilhaumati ; Podozamites* cf, *Schenki.*

D'après ces déterminations, M. Zeiller attribue à ce terrain l'âge rhétien.

2° A *Chu,* près d'An-Chau, M. le Contrôleur des Mines Benoît a recueilli un *Dictyophyllum Nathorsti* (détermination de M. Zeiller).

3° A *An-Chau,* j'ai trouvé dans des schistes noirs des empreintes de *Posidonia* et des Poissons.

Les couches du grès rouge accusent la direction générale est-ouest, à l'Ouest et dans les régions de Thaï-Nguyen et d'An-Chau et est-nord-est, à l'Est dans la région de Mon-Cay. Ce sont les mêmes directions que celles observées dans le terrain houiller rhétien du littoral.

Dans leur ensemble, les couches du grès rouge sont légèrement ondulées. Pour le détail de l'allure des couches, voici quelques renseignements.

Dans la région de Mon-Cay, le grès rouge forme un large synclinal. Les couches à peine relevées au Nord sont, au contraire, assez fortement relevées au Sud, dans les îles de Chateau-Renault et du Grand-Singe ; au Nord, comme au Sud, le grès rouge repose sur les couches très redressées du terrain ancien de Mon-Cay et la séparation se fait par le poudingue quartzeux de base.

La ligne de séparation du terrain ancien et du grès rouge dans les deux îles précitées est exactement le prolongement à l'Est de la ligne de séparation du grès rouge et du Houiller rhétien dans l'île de Ke-Bao.

J'ai dit plus haut que le Houiller rhétien de Ke-Bao forme un anticlinal.

Le *grès rouge repose* au *dessus de ce terrain houiller rhétien* et le masque au Nord de l'île de Ke-Bao où un synclinal succède à l'anticlinal de la partie sud de l'île.

M. Charpentier a montré que la ligne d'ennoyage de cet anticlinal formé par les terrains rhétiens houillers s'abaisse vers l'Est. Cette circonstance, unie à la *transgression du grès rouge sur le terrain ancien au-delà du terrain houiller rhétien* explique naturellement, sans qu'on ait besoin de faire appel aux failles, que le terrain houiller rhétien ne se retrouve plus dans l'île du Grand-Singe. *Il est alors complètement recouvert par le grès rouge.*

Dans la région d'An-Chau les plis du grès rouge sont toujours larges, mais cependant j'ai observé quelques rares localités où les strates sont redressées et et même j'ai vu une petite faille de chevauchement presque verticale bien caractérisée.

La transgression du grès rouge au-delà du terrain houiller rhétien est confirmée par le fait suivant. Nous avons vu que le grès rouge passe directement au terrain triasique entre Tien-Yen et Loc-Binh. Une observation analogue peut être faite sur la ligne de chemin de fer de Hanoï à Lang-Son. Or, normalement, puisque le terrain houiller rhétien est d'un âge intermédiatre entre le terrain triasique et le grès rouge (celui-ci recouvrant, comme nous l'avons vu, le terrain rhétien), nous devrions trouver le terrain houiller rhétien entre le Trias de Lang-Son et le grès rouge. Du moment que nous ne le trouvons pas et que l'hypothèse d'une grande faille doit être écartée (cette hypothèse n'a en effet, en sa faveur, aucun argument de fait) — il faut qu'il y ait eu transgression du grès rouge au-delà du terrain rhétien sur le terrain triasique.

En résumé, tous les faits que nous avons exposés jusqu'ici sont bien d'accord pour affirmer : 1° la succession : Trias de Lang-Son — ; Houiller rhétien — ; grès rouge rhétien ; 2° la transgression du grès rouge rhétien au-delà du terrain houiller rhétien.

Topographiquement, les grès rouges ont leur altitude la plus forte, qui est de 800 mètres, immédiatement au Nord de la chaîne du Dong-Trieu, par conséquent au Sud d'An-Chau, et également au Nord d'An-Chau, près de Xa-Ly.

Le grès rouge contient des couches de charbon anthraciteux comme celui du terrain rhétien, et d'ailleurs très cendreux. Ces couches ont été observées près de Tien-Yen, Chu et Thaï-Nguyen.

VI. — Tertiaire

Le Tertiaire est représenté par les bassins lacustres de *Ngoi-Lao, Yen-Bay, Ngoi-Hop, Bao-Ha, Lao-Kay,* sur le Fleuve Rouge ; de *Luc-An-Chau* sur le Song-Chay ; de *Phu-Doan,* au confluent du Song-Chay et de la Rivière Claire ; de *Thanh-Nuan,* près de Ninh-Binh ; de *Hoanh-Bo,* près du Port Courbet, de *Cao-Bang, That-Khé* et *Loc-Binh* dans le Haut-Tonkin. Ces trois derniers bassins sont situés sur une même ligne nord-nord-ouest tirée de Lang-Son à Cao-Bang et qui constitue le grand accident dont j'ai parlé plus haut (voir pages 20 et 22).

M. Zeiller a donné dans son ouvrage sur la flore fossile du Tonkin une description détaillée du gisement de *Yen-Bay,* d'après les renseignements fournis par M. Beauverie. Il attribue au gisement l'âge miopliocène d'après les fossiles végétaux et animaux.

De belles empreintes de plantes recueillies à *Thanh-Nuan* et à *Cao-Bang* ont été envoyées récemment à M. Laurent, à Marseille, et permettront sans doute des rapprochements intéressants.

Les terrains tertiaires ont en général un faciès gréso-schisteux et renferment des couches de lignite. Quelques observations doivent cependant être présentées à ce sujet.

A *Thanh-Nuan,* la formation comprend des bancs marneux qui passent aux calcaires marneux. Le bassin tertiaire a une étendue très restreinte ; il a toutes les apparences d'un remplissage de poche d'érosion dans les calcaires paléozoïques (peut-être dévoniens).

A *Hoanh-Bo,* la formation est composée en partie de schistes franchement bitumineux. Elle offre, à ce point de vue, une certaine analogie avec le gisement de Yen-Bay, qui renferme des lentilles d'un lignite très bitumineux.

A *Cao-Bang*, la formation est surtout gréso-schisteuse, mais sur les bords de l'ancien lac elle est remplacée par un apport torrentiel fluvio-lacustre contenant des galets roulés de microgabbro dont la provenance doit être évidemment recherchée dans les roches éruptives qui entourent Cao-Bang.

D'ailleurs, la limite est du bassin lacustre s'appuie sur du microgabbro. *Celui-ci est donc d'âge antérieur à la formation lacustre.*

A *That-Khé,* le remplissage de l'ancien lac est formé essentiellement d'un poudingue de galets roulés de quartz blanc et de quartzite noir qui paraissent avoir été apportés de la région de Ngan-Son par l'ancienne rivière du Song-Bac-Giang. L'ancien lac ne montre pas un seul galet de microgranite et cependant les massifs de microgranite sont tout à côté. Ils ne sont séparés actuellement de la formation lacustre que par une épaisseur restreinte de terrains sédimentaires qui font tout le tour du lac, alors que la roche éruptive fait *presque* tout le tour du lac. Il me semble que pour expliquer ceci il faut supposer qu'au moment où le lac de That-Khé s'est comblé le microgranite était encore recouvert de son manteau de terrain sédimentaire. Je ne fais aucun doute que la venue du microgranite est antérieure aux dépôts lacustres et même je croirais volontiers qu'à That-Khé c'est le laccolite microgranitique qui, par l'inégalité du gonflement des couches a provoqué la formation de la cuvette lacustre.

Il est fort possible d'ailleurs que tous les anciens bassins lacustres du Tonkin ne soient pas du même âge. Leur formation a du être provoquée, en certains cas, par un mouvement tectonique changeant le régime des pentes et par conséquent celui de l'écoulement des eaux. C'est, du moins, l'interprétation que je donne à la disposition en chapelet des terrains lacustres le long des vallées du Fleuve Rouge et du Song-Chay. Elle démontre, me semble-t-il, que ces vallées étaient au moins grossièrement dessinées au moment du dépôt des terrains lacustres. Il est intéressant de constater aussi que postérieurement au dépôt les couches ont été affectées par des plissements très notables. L'exemple de Yen-Bay est, à cet égard, tout à fait typique.

VII. — Quaternaire et Actuel

Le terrain quaternaire et actuel est représenté par des alluvions. Dans toutes les rivières du Tonkin, le Fleuve Rouge, la Rivière Claire, le Song-Cau, le Song-Ki-Kong, le Song-Bac-Giang, le Song-Bang-Giang, etc., j'ai observé la présence de terrasses anciennes à une hauteur variant de 15 à 40 mètres au-dessus du fond actuel des rivières. Ces terrasses, composées de galets de quartz roulés, ont été souvent l'objet d'exploitations pour or, par les Chinois. Je me bornerai à citer à ce sujet les terrasses alluvionnaires du Kim-Hi et de Ban-Vai, sur le Song-Bac-Giang. A Ban-Vai, j'ai constaté que la terrasse constituait une boucle de l'ancien lit de la rivière.

Le phénomène de ces terrasses est, je le répète, tout à fait général. Aussi, je pense qu'il nécessite une explication générale telle qu'une variation assez brusque du niveau de la mer à une époque géologiquement peu éloignée de la nôtre.

Je dirai ici quelques mots des explorations de gisements préhistoriques faites en Indo-Chine par M. Mansuy.

La première, exécutée en 1902, concerne les gisements superficiels de Som-Rong-Sen et de Long-Prao dans la région de Compong-Thom (Cambodge) : ils avaient été signalés par M. Roques dès 1875. M. Mansuy y a recueilli un crâne humain ainsi qu'une abondante collection d'objets en pierre polie (haches, herminettes, gouges, ciseaux, etc.), des ornements en os et roches diverses et une céramique des plus variées. Ces objets sont actuellement déposés dans les collections d'Anthropologie du Muséum national d'Histoire naturelle, à Paris.

Tout récemment (1906), M. Mansuy a découvert près de Pho-Binh-Gia, dans une des nombreuses cavernes du calcaire ouralien-permien de la région du Bac-Son, un autre gisement consistant en crânes humains, avec pierres polies, fragments de céramique, ornements d'os et de coquilles et quelques ossements d'animaux qui semblent appartenir à l'époque actuelle. Cette découverte fera l'objet d'une note de son auteur dans une revue d'Anthropologie.

Résumé stratigraphique

Je résume brièvement les données stratigraphiques ;

1° Silurien et Dévonien. — Ce terrain est souvent très métamorphisé. Le métamorphisme a marqué une empreinte plus ou moins profonde dans toute la région comprise à l'Ouest d'une ligne nord-sud tirée de Hanoï à Cao-Bang et au Sud d'une ligne est-ouest tirée de Cao-Bang à Ha-Giang.

Dans la région de Pho-Binh-Gia, la série sédimentaire non métamorphisée comprend de bas en haut :

1° Brèches et schistes gréseux, sans fossiles.
2° Schistes et calcaires. Silurien supérieur et Dévonien inférieur.
3° Calcaires sans fossiles (très probablement Dévonien).

Le Silurien supérieur est caractérisé par des Trilobites *(Calymene, Proetus)* et des Brachiopodes *(Spirifer, Atrypa,* etc.) ainsi que par des Polypiers.

Le Dévonien inférieur est caractérisé par diverses espèces de Rhynchonelles identiques à celles qui ont été signalées par Richthofen dans le Tsin-Lin-Chan, en Chine.

Les terrains 2 et 3, avec les fossiles précités, ont été reconnus dans la *région* de *That-Khé* et de *Cao-Bang*. A l'Ouest, dans la *région de Bao-Lac* et de *Ha-Giang*, les terrains sont composés de schistes et de calcaires (avec faciès calcaire prédominant) et n'ont montré jusqu'ici que des Tentaculites, Polypiers et Lingulelles. Le métamorphisme commence à devenir de plus en plus dominant à mesure qu'on avance vers l'Ouest. Les terrains métamorphiques (gneiss, micaschistes, etc.) et les granites sont particulièrement développés *dans la région du Fleuve Rouge et de la Rivière Noire*. Cependant, les terrains sédimentaires subsistent. On trouve des bandes de schistes, quartzites et calcaires s'entremêlant avec les bandes de schistes cristallins. Quand on approche de *Ninh-Binh* et *Thanh-Hoa*, le faciès calcaire, accompagné de schistes et quartzites, se reproduit.

Nous retrouvons les terrains anciens anté-carbonifères *sur le littoral, entre Haïphong et Mon-Cay*. Ils affectent alors deux faciès : 1° *Terrain ancien de Mon-Cay* composé de grès, poudingues, schistes satinés, formation essentiellement détritique, et partiellement métamorphisée ; 2° Grès de *Do-Son*, quartziteux, et où des fossiles, mal déterminables, ont été recueillis.

2° Carbonifère supérieur et Permien inférieur. — Il s'agit d'un ensemble puissant de calcaires massifs qui reposent en discordance très nette sur les terrains précédents.

La partie inférieure de la formation, représentée par un calcaire gris-noir, le plus souvent bien lité et avec des bancs de silex fréquents à la base, doit être rapportée, semble-t-il, à l'étage *ouralien*. Elle contient *Spirifer mosquensis*, des Polypiers et des Fusulines.

La partie supérieure de la formation, représentée par un calcaire blanc, souvent à cassure spathique et contenant des *Productus, Spirifer, Spirigerella, Schwagerina*, et *Doliolina* doit être rapportée au Permien inférieur.

Il y a une très grande analogie de faciès entre les calcaires gris-noir et blancs du Tonkin et ceux qui ont été reconnus au Yunnan aux mêmes niveaux. *L'ensemble de mes observations au Tonkin me paraît établir l'étroite association qui existe, stratigraphiquement, entre ces deux formations calcaires.* Elle m'a paru telle surtout dans le massif du Dong-Quan, au Nord de Bao-Lac. Cependant, il est possible que les deux formations ne soient pas absolument concordantes. Certaines observations faites dans la région de Cao-Bang tendraient à le laisser supposer.

Les calcaires ouraliens-permiens occupent deux grandes aires d'extension :

1° *Sur le littoral, entre Haï-phong et Ke-Bao, dans les baies d'A-Long et de Faï-Tsi-Long.* — Ici, le calcaire est gris-noir et semble appartenir exclusivement à l'étage ouralien.

2° Dans les régions de *Pho-Binh-Gia, Lang-Son, That-Khé, Cao-Bang, Bao-Lac.* —

Là, on trouve à la fois le calcaire gris-noir et le calcaire blanc. Les massifs forment comme une auréole autour des terrains siluriens-dévoniens qui occupent la partie occidentale du Haut Tonkin. On peut y distinguer deux grandes bandes. L'une, qu'on appelle *massif du Bac-Son*, est dirigée nord-est et forme à l'Est la falaise de Bac-Lé que suit le chemin de fer de Hanoï à Lang-Son.

L'autre, dirigée nord-ouest, c'est-à-dire perpendiculaire à la précédente, comprend les régions de *Lang-Son*, *That-Khé*, *Cao-Bang*, *Bao-Lac*. La ville de Lang-Son est située au croisement de ces deux bandes.

3° Trias. — Le Trias de la région de *Lang-Son* est schisto-gréseux et calcaire. Des fossiles y ont été recueillis en divers points. Je citerai : *Norites*, *Danubites himalayanus*, *Myophoria*, et des Brachiopodes et Lamellibranches.

Le Trias repose transgressivement sur le calcaire ouralien-permien et les schistes siluriens-dévoniens.

Le Trias de Lang-Son est connu depuis 1886. Deux petits lambeaux de Trias ou du moins présumés tels ont été récemment découverts, l'un dans la région de *Pho-Binh-Gia*, l'autre dans la région de *Mon-Cay*.

4° Terrain dit houiller (Rhétien). — Le Houiller rhétien occupe le littoral de l'Indo-Chine, entre *Haïphong* et *Ke-Bao*. C'est une formation essentiellement détritique, composée de grès et de schistes, ceux-ci contenant les couches de charbon. Le Houiller rhétien du Tonkin est particulièrement bien connu, grâce aux déterminations de sa flore fossile par M. Zeiller.

A *Ben-Mo*, sur la Rivière Noire, on connaît un lambeau de terrain probablement rhétien, avec couches de charbon, qui est complètement isolé au milieu des calcaires paléozoïques.

5° Grès rouge (Rhétien). — Ce terrain, constitué par une formation essentiellement gréseuse à faciès littoral, succède stratigraphiquement au terrain rhétien. Il s'étend transgressivement au delà du Rhétien sur les terrains anciens de Mon-Cay, ceux de Thaï-Nguyen, le calcaire permien du massif du Bac-Son et le Trias de Lang-Son. Cette transgression explique l'absence du Rhétien houiller entre le Trias et le grès rouge, au Sud de Lang-Son.

On a recueilli dans le grès rouge rhétien des Posidonies et des empreintes de plantes. Celles-ci ont été identifiées par M. Zeiller avec certaines espèces de la flore rhétienne.

Le grès rouge contient de mauvaises couches de charbon à Tien-Yen, près Mon-Cay, Chu près d'An-Chau et Thai-Nguyen.

6° Tertiaire. — Le Tertiaire est représenté par divers bassins lacustres qui sont : 1° Les bassins échelonnés le long du Fleuve Rouge et du Song-Chay. Le plus important d'entre eux est le bassin de Yen-Bay, auquel M. Zeiller attribue un âge miopliocène ; 2° Le bassin de Thanh-Nhuan, près Ninh-Binh ; 3° Le basssin de Hoanh-Bo, près du Port Courbet ; 4° Les trois petits bassins de Loc-Binh, That-Khé et Cao-Bang, alignés sur la grande faille Lang-Son-Cao-Bang, orientée N.N.O.

Tous ces bassins sont formés de dépôts de schistes gréseux, parfois de grès et poudingues, avec couches ou lentilles de lignite ; à Cao-Bang, l'ancien lac comprend

des apports fluvio-lacustres avec galets de microgabbro, et il est par là manifeste que le microgabbro est d'âge antérieur à la formation lacustre.

7° Quaternaire et Actuel. — Il est constitué par des terrasses alluvionnaires élevées de 10 à 40 mètres au-dessus du fond actuel des rivières. Le phénomène a une généralité remarquable.

II. — ESSAI D'UNE SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES TECTONIQUES ET DES TRANSGRESSIONS ET RÉGRESSIONS

Réunissant les données précédentes, je vais esquisser un essai de synthèse des phénomènes tectoniques et des transgressions et régressions observés au Tonkin. Je distingue en suivant l'ordre chronologique :

1° Une période, probablement hercynienne, de grands plissements dont sont affectés exclusivement les terrains d'âge silurien-dévonien ;

2° Une période tranquille pendant laquelle se sont effectués les dépôts des calcaires ouralien et permien en transgression nettement *discordante* sur les terrains siluriens-dévoniens ;

3° Une période d'émersion à l'époque permienne. C'est une régression au sens propre du mot, car elle s'est produite sans que les couches se soient plissées ;

4° Une période de transgression à l'époque triasique, suivie par une régression à l'époque rhétienne (Terrain houiller du Tonkin), à laquelle ont succédé une nouvelle transgression à l'époque également rhétienne du grès rouge, puis une régression définitive à une époque difficile à préciser ;

5° Une période de grandes dislocations radiales, c'est-à-dire avec grandes failles et plissements à larges courbures. Il est probable, mais non démontré, que ces dislocations se sont produites à l'époque himalayenne, comme contre-coup des grands plissements qui se sont produits ailleurs ;

6° Une nouvelle période de plissements, à l'époque pliocène.

Je vais décrire successivement :

1° *Les grands plissements hercyniens* ;
2° *Les phénomènes de régression et transgression* ;
3° *Les grandes dislocations radiales* ;

Enfin, je dirai quelques mots :

4° *Des plissements pliocènes* ;
5° *Des lignes directrices des plissements en général.*

1° Grands plissements hercyniens

Les observations faites dans la région de Pho-Binh-Gia par M. Zeil montrent de la façon la plus nette le calcaire ouralien-permien à peine plissé *s'étendant comme un manteau* sur l'ensemble des terrains siluriens-dévoniens qui sont, au contraire, très plissés.

La discordance est donc pleinement acquise. Elle est confirmée, du reste, par la détermination des fossiles.

M. Zeil a supposé qu'une discordance antérieure existait peut-être entre ce qu'il a appelé le système **X** et les terrains fossilifères siluriens-dévoniens. Mais le fait est encore douteux et je n'en ferai pas état.

Si nous nous rapportons aux seules observations faites au Tonkin, il est difficile de préciser l'époque des plissements antérieurs à la transgression ouralo-permienne. Les fossiles, en effet, ne nous indiquent comme terrains inférieurs à ces calcaires que du Silurien supérieur ou du Dévonien probablement inférieur. La lacune est grande. Mais elle se rétrécit par la considération des faits observés en Yunnan.

Dans ce pays, nous voyons le calcaire ouralien-permien reposant en transgression discordante au-dessus du Dévonien moyen et supérieur antérieurement plissé. La lacune se réduit ici au Carbonifère inférieur et moyen. Ceci me permet de rattacher, selon toutes vraisemblances, à l'époque hercynienne le grand plissement qui a précédé la transgression ouralo-permienne.

J'ai montré qu'au Yunnan une grande discordance existe également entre le Cambrien inférieur et le Dévonien moyen. Elle témoigne d'un mouvement orogénique antérieur à l'époque hercynienne. Il est fort possible, je le répète, que ce mouvement ait eu lieu au Tonkin, mais cela n'est pas encore démontré.

M. Zeil a eu le grand mérite d'apporter le premier une contribution précise à l'étude des plis anciens. Les coupes jointes à sa carte nous permettent d'entrevoir, tout au moins, l'existence de grands plis couchés dans la région de Pho-Binh-Gia, That-Khé. Il est probable que ces plis doivent se retrouver plus au Nord et à l'Ouest, dans les régions de Bao-Lac et de Ha-Giang. Il y aura intérêt à poursuivre l'étude détaillée de ce côté et à se rattacher aussi, si on le peut, par la région de Kaï-Hoa, aux observations que M. Leclère et moi avons faites au Yunnan.

En ce qui concerne les régions de Bao-Lac et Ha-Giang, je rappellerai ici ce que j'ai dit au sujet de l'allure des couches. Tantôt on les voit très redressées, tantôt, au contraire, et ceci s'applique surtout aux régions où se présente le calcaire épais, les strates sont largement ondulées, presque horizontales.

Le problème à résoudre serait de savoir si ces strates horizontales sont en place ou si elles représentent des témoins de grands plis couchés. Deux observations caractéristiques me paraissent offrir, à cet égard, un certain intérêt, encore que la conclusion à en tirer demeure problématique.

La première est tirée de l'examen des couches de schistes intercalées dans les calcaires. Certaines d'entre elles m'ont apparu comme singulièrement froissées et il semble que ceci ne se produirait pas si les couches presque horizontales étaient vraiment en place.

La seconde a trait au métamorphisme. J'ai montré plus haut que ce métamorphisme avait agi avec une intensité variable à la fois en superficie et en profondeur. Parfois il respecte les calcaires supérieurs, parfois au contraire il les atteint profondément puisque ces calcaires sont traversés par de véritables *culots* de granite (*Pia-Ouac, Pia-Ya, Phia-Bioc*).

Cela étant, une telle modification n'a pu se produire qu'à une grande profondeur,

sous un manteau fort épais de terrains sédimentaires. D'autre part, il y a toute probabilité pour que la modification se soit produite — selon les idées reçues — à l'époque de la formation du géosynclinal qui a précédé la formation de la chaîne, par conséquent très antérieurement au dépôt des calcaires ouralo-permiens [1]. C'est dire que les calcaires bleus épais que nous rapportons à l'étage dévonien ont du être autrefois recouverts par une épaisseur *très considérable* de terrain *d'âge antécarbonifère.*

Portant maintenant notre attention sur la région du Fleuve-Rouge et de la Rivière Noire, nous remarquerons que les couches y sont généralement très redressées. Cette allure des strates offre un contraste intéressant avec l'allure de *plis couchés* que présentent les strates dans la région de l'Est en s'approchant de Bao-Lac et de Pho-Binh-Gia. Malheureusement, les bassins de la Rivière Noire, du Fleuve Rouge et même de la Rivière Claire, sont en grande partie métamorphisés, et ceci complique singulièrement l'étude des plis qui restera, sans doute, à peu près indéchiffrable dans les trois bassins précités.

2° Phénomènes de transgression et de régression

La grande transgression ouralo-permienne a été suivie d'une régression permienne et d'une transgression triasique que démontrent bien : 1° la lacune existant entre le calcaire permien du massif du Bac-Son et les schistes triasiques de Lang-Son, le second de ces terrains venant s'appliquer sur les calcaires sans qu'on puisse constater entre eux *une discordance appréciable* ; 2° la grande tranquillité d'allure des strates du calcaire ouralo-permien dans le massif de Bac-Son.

La régression ou émersion permienne a été immédiatement suivie d'une érosion considérable, ainsi qu'en témoigne le dépôt des terrains triasiques qui s'est effectué tantôt au-dessus des calcaires permiens, tantôt au-dessus des schistes siluriens-dévoniens.

Ces phénomènes offrent une grande analogie avec ceux que j'ai observés au Yunnan et aussi avec ceux qui ont été décrits par M. Counillon dans sa note sur Luang-Prabang.

Je crois donc pouvoir conclure que, d'une façon générale, il y a eu dans la Chine méridionale et en Indo-Chine régression de la mer à l'époque permienne et trangression à l'époque triasique.

A l'époque rhétienne, caractérisée par des dépôts essentiellement détritiques, il y a eu de nouveau une régression qui a été suivie, comme je l'ai montré, par une transgression d'ailleurs peu importante et toute transitoire à l'époque du dépôt du grès rouge qui succède immédiatement au terrain houiller rhétien et ne saurait, jusqu'à nouvel ordre, en être séparé paléontologiquement. Puis la mer s'est définitivement retirée à une époque difficile à préciser, à cause des lacunes résultant de l'érosion, mais qui est bien probablement d'âge secondaire.

1. M. Zeil m'a dit avoir vu un lambeau de calcaire carbonifère *non métamorphisé* reposant sur des schistes anciens métamorphisés. Cette observation serait la preuve décisive de mon hypothèse.

3° Grandes dislocations radiales

J'aborde l'analyse de ce que j'ai appelé les grandes dislocations radiales. Elles sont particulièrement bien visibles dans les régions où s'étendent les calcaires ouraliens-permiens et j'ai eu à les décrire lorsque j'ai exposé la monographie de ces calcaires.

Je désire maintenant grouper mes explications en ajoutant, au besoin, quelques renseignements nouveaux.

Je parlerai d'abord de la région *Pho-Bing-Gia, Lang-Son, Cao-Bang, Bao-Lac,* puis de celle *du littoral, entre Haïphong et Mon-Cay.*

A. **Région de Pho-Bing-Gia, That-Khé, Lang-Son, Cao-Bang, Bao-Lac.** — J'ai dit plus haut (*Résumé stratigraphique*) que l'auréole formée par les calcaires ouraliens-permiens autour des terrains siluriens-dévoniens comprend deux massifs : 1° *celui du Bac-Son,* dirigé N.E. ; 2° celui de *Lang-Son, That-Khé, Cao-Bang, Bao-Lac,* dirigé N.O.

Je m'occupe d'abord du second de ces massifs.

Au premier coup d'œil jeté sur la carte, on est frappé de la ligne si nette, si droite, qui sépare entre Lang-Son et Cao-Bang la région des schistes siluriens-dévoniens, sans trace de calcaire carbonifère, de celle des calcaires ouraliens-permiens laissant apparaître le terrain silurien-dévonien par les fenêtres d'érosion pratiquées à travers leur épaisseur. Cette ligne est en quelque sorte soulignée par une traînée de microgranite.

Un examen attentif démontre qu'on est en présence d'une faille. Je rappelle que ce caractère de faille a été *reconnu* en trois points qui sont : la bordure occidentale du petit massif calcaire de Dong-Dang, Na-Cham, l'escarpement calcaire de That-Khé à Lung-Phai et enfin le lieu dit Toc-Lam, près de Cao-Bang, où un officier du Service géographique a indiqué la présence d'une brèche de friction. J'indique ce troisième point sous toutes réserves, mais j'ai constaté les deux autres.

J'ai montré, en outre, que toute la région de Cao-Bang est en quelque sorte sillonnée de failles et que celles-ci paraissent avoir divisé le massif calcaire en plusieurs compartiments qui ont joué les uns par rapport aux autres. J'ai cité l'exemple du massif de Lung-Sung entouré de failles sur trois côtés, au moins. Celle du Nord est tout à fait typique, puisqu'elle est accompagnée d'une brèche de friction. Je rappelle encore la faille qui limite au Sud le massif du Dong-Quan dans la feuille de Yen-Minh et qui est tout à fait l'homologue de la faille Lang-Son-Cao-Bang.

Enfin, j'ai insisté sur la relation évidente qui existe entre les failles et les flexures qui sont des plis très brusques simulant entre les couches presque horizontales comme de gigantesques marches d'escalier et qui souvent passent aux failles.

Le caractère radial des dislocations m'a donc paru manifeste.

Si on examine l'ensemble de la région calcaire Lang-Son-That-Khé-Cao-Bang-Bao-Lac, on a l'impression d'une descente en masse de toute cette région que l'on peut considérer comme *extérieure,* autour d'un môle central *intérieur,* dont le centre serait Bac-Kan, sur le Song-Cau, descente qui se serait effectuée selon une immense cassure N.O. ou, pour mieux dire, selon un ensemble de cassures ayant

déterminé en même temps que le phénomène général de descente de la masse, sa division en plusieurs compartiments distincts. Ce phénomène de descente ne s'est point produit sans difficulté. Il y a eu des gauchissements qui ont provoqué le plissement des couches, ou bien, si l'on préfère, c'est l'exagération du plissement dans le sens vertical qui a produit les failles.

Portons maintenant nos regards sur le *second massif, celui du Bac-Son* dirigé N.E. Ici nous constatons non plus une faille, mais une grande flexure dirigée N.E. Il y a toujours descente autour d'un môle central, mais les apparences changent. Le môle est maintenant constitué par des schistes antécarbonifères *revêtus de leur manteau de calcaires ouraliens-permiens.* La masse *descendue* ou *extérieure* est représentée par le terrain secondaire, Trias et grès rouge rhétien, qui devient l'homologue, tectoniquement parlant, des calcaires ouraliens-permiens de la région That-Khé, Cao-Bang, Bao-Lac.

Il semble donc y avoir eu, en somme, affaissement de toute la partie extérieure selon deux grandes lignes N.O et N.E. qui viennent se croiser à Lang-Son.

Dans cette manière de voir, Lang-Son est un point singulier. C'est bien comme tel qu'il apparaît, en effet, dans l'observation. Nous avons vu que le calcaire ouralien-permien s'y montre en petits massifs isolés qui percent à travers le terrain triasique, comme à l'emporte-pièce, car leurs strates demeurent presque horizontales, à côté des schistes triasiques assez fortement plissés. Il semble que la combinaison des deux efforts de fracture N.O. et N.E. ait produit comme un émiettement des massifs.

Et à ce point de vue je ferai deux remarques :

La première a trait à cette singulière traînée de calcaire qui part de Dong-Dang et se poursuit jusqu'au delà de Na-Cham. Elle m'est apparue comme noyée, tantôt dans les schistes triasiques, tantôt dans le microgranite (mais nous verrons plus loin que le microgranite n'a fait que remplacer les schistes triasiques). J'ai longé cette masse calcaire, je l'ai traversée : je puis affirmer que les strates sont presque horizontales. Il semble donc réellement que l'on ait — quelque invraisemblable que cela puisse paraître — un lambeau *très étroit* de calcaire ouralien-permien qui aurait percé à travers les terrains triasiques — à vrai dire je ne puis affirmer l'existence de la faille sur la limite nord de la dite traînée, il n'est pas *impossible* que le schiste triasique vienne *recouvrir* le calcaire au Nord.

Ma seconde remarque a trait à l'alignement N.N.E. qui limite à l'Est successivement le massif du Bac-Son *au Nord de Lang-Nac,* puis le petit massif du Khon-Loc, celui de Dong-Dang-Khan-Khé et enfin le massif de Dong-Dang-Na-Cham [1]. Il me semble voir dans cet alignement la continuation de la flexure du massif de Bac-Son légèrement déviée. Il est intéressant de constater, en tout cas, que le petit massif calcaire Dong-Dang-Na-Cham est limité au Nord de Dong-Dang par deux failles qui sont exactement dans le prolongement de la faille Lang-Son-Cao-Bang (ou pour mieux dire Dong-Dang-Cao-Bang) et de la flexure du Bac-Son.

Examinons de nouveau maintenant la faille Lang-Son-Cao-Bang. Elle paraît présenter entre Na-Cham et That-Khé une interruption assez longue. Le calcaire

1. Cet alignement n'a pas été bien figuré sur la carte géologique jointe à la présente note.

ouralien-permien — si on examine la carte — a l'air de former une sorte de golfe dans lequel pénètrent — ceci n'est qu'une simple image — les terrains schisteux antécarbonifères et triasiques. *Ce golfe est entouré de toutes parts par le microgranite.* Et nous constatons d'ailleurs que la traînée de microgranite traverse l'espace Na-Cham-That-Khé toujours dans la même direction N.O. La direction des strates des terrains schisteux mérite d'être signalée. Elle est *très régulièrement* nord-est au Nord et au Sud de la traînée de microgranite. Ce n'est qu'au voisinage du microgranite que la direction est N.O. (Cette dernière observation est due à M. Zeil). Cette direction N.E. des schistes est en désaccord complet avec la direction N.O. que l'on observe immédiatement au Nord dans le massif calcaire de That-Khé (coin nord-ouest de la feuille de That-Khé). Il faut dire aussi que sur toute la bordure sud de ce massif calcaire, entre That-Khé et Po-Ma, la direction des strates devient très variable. Et j'ajoute que, près de Po-Ma, j'ai observé une grande faille entre calcaires et schistes, avec brèche de friction.

Toute cette bordure sud du massif calcaire de That-Khé est, en somme, très compliquée.

Je ne saurais avoir la prétention de donner une explication simple de tous ces faits. Il me semble y voir cependant la marque du conflit des deux grandes fractures N.O. et N.E. qui a produit, je pense, les petits massifs calcaires isolés de la région de Lang-Son.

Au sujet de ces massifs calcaires j'ai déjà noté, page 25, qu'ils sont beaucoup moins plissés que les schistes, grès et calcaires triasiques qui les entourent. Il y a là un fait assez paradoxal en apparence, et qui se manifeste, non seulement autour de Lang-Son, mais encore dans la région de Pho-Binh-Gia, où nous voyons des schistes, — à strates presque verticales, et non pas localement, *mais sur de grandes étendues,* et qui sont déterminés aujourd'hui comme triasiques d'après les observations de M. Mansuy (voir page 25) — côtoyer des calcaires ouraliens-permiens dont les strates sont, au contraire, largement ondulées, presque horizontales, sur une étendue notable.

Je ne puis m'expliquer une telle contradiction dans l'allure des strates des calcaires ouraliens-permiens et des schistes triasiques qu'en faisant intervenir l'hypothèse de *plissements postérieurs aux dislocations radiales*, lesquels auraient agi sur les schistes triasiques, en affectant à peine les calcaires ouraliens-permiens qui auraint joué le rôle de môles résistants ; — on verra plus loin (*4° Plissements pliocènes*) que cette hypothèse n'est pas tout à fait gratuite,

C'est à un effet du même ordre que j'attribuerais volontiers les nombreuses petites failles criblant littéralement les schistes triasiques dont j'ai parlé, page 25, et que montrent si bien les tranchées du chemin de fer de Hanoï à Lang-Son. Je pense que ces failles résultent d'une torsion provenant d'un effort de plissement dans les schistes triasiques, qui aurait été contrarié, d'une part, par le massif du Bac-Son, d'autre part, par le petit massif de microgranite de Thanh-Moï-Lang-Nac, parallèle à la flexure du Bac-Son.

B. **Région du littoral, entre Haïphong et Moncay.** — Je désire montrer qu'il existe une grande cassure, ou tout au moins qu'il y a présomption de l'existence d'une

grande cassure, dirigée est-ouest, limitant au Sud les terrains rhétiens, et les séparant du calcaire ouralien ou du grès de Do-Son.

Voici les faits sur lesquels je m'appuie :

1° Les calcaires ouraliens des baies d'A-Long et de Faï-Tsi-Long présentent des strates largement ondulées, mais parfois avec des parties verticales, et on y voit des cassures.

2° Le relevé des travaux de mine montre que les couches houillères sont affectées de grands rejets. Ceci a été mis tout spécialement en lumière pour Ke-Bao par M. Charpentier.

3° A Ke-Bao et à Dong-Trieu, les strates du terrain rhétien forment un anticlinal dissymétrique dont le flanc sud qui est le plus redressé vient *buter* contre le calcaire ouralien.

4° A Hongay la direction des couches, si régulière, d'une façon générale, dans l'ensemble du bassin rhétien, devient tout à fait aberrante. Au lieu d'est-ouest qu'elle devrait être, elle devient N. S. ou N. N. O.

5° Le terrain rhétien est comme enfermé à Ha-Tou, près Hongay, entre deux murailles de calcaires ouraliens qui forment un angle aigu. La couche de Ha-Tou est dirigée selon la bissectrice de cet angle : elle porte la trace de nombreux petits rejets perpendiculaires.

Ces faits peuvent s'expliquer assez simplement si l'on suppose que la limite sud du terrain rhétien est une grande faille qui a été accompagnée par de nombreuses cassures tant dans le terrain rhétien que dans le calcaire ouralien. Après la production de cette faille il y aurait eu un effort de plissement venant du Sud qui aurait déterminé l'anticlinal dissymétrique du Dong-Trieu et de Ke-Bao. La déviation des couches de Hongay résulterait en quelque sorte du resserrement des mâchoires formées par le calcaire carbonifère et qui auraient agi sur le terrain rhétien primitivement affaissé.

Dans l'hypothèse que je viens d'exposer, la grande faille du littoral et la grande flexure du massif de Bac-Son comprendrait entre elles tout le terrain secondaire qui constituerait, dans son ensemble, une immense région affaissée. Cette circonstance aide à expliquer la conservation du terrain secondaire en dépit des effets intenses d'érosion qui ont dû s'exercer depuis l'époque secondaire. Le bassin secondaire n'aurait été relevé que tardivement par les plissements pliocènes, postérieurs aux grandes failles.

4° Des plissements pliocènes

L'existence des plissements pliocènes résulte de la considération des bassins lacustres qui présentent tous des marques de plissement notables. L'âge du bassin lacustre de Yen-Bay ayant été rapporté par M. Zeiller à l'époque mio-pliocène, j'assigne provisoirement à ces plissements l'âge pliocène.

Il faut noter d'ailleurs qu'à Cao-Bang le bassin tertiaire est d'âge postérieur aux microgranites qui, eux-mêmes, sont évidemment postérieurs aux grandes dislocations que je viens de décrire. On voit donc bien que certains plissements se sont produits bien longtemps après l'époque des grandes dislocations radiales.

5° Lignes directrices des plissements

Pour déterminer ces lignes directrices, nous devons d'abord examiner autant que possible les régions situées en dehors des zones affectées par les grandes dislocations radiales.

Je constate d'abord que la règle de Godwin-Auston s'applique bien. Trois

exemples typiques nous en sont donnés : 1° par le terrain silurien-dévonien et le calcaire ouralien-permien dans le massif du Bac-Son. La direction commune est N.E. avec fléchissement à l'E.N.E. au Nord de la carte ; 2° par le terrain ancien de Mon-Cay et le grès rouge dans la région de Mon-Cay. La direction est E.N.E. ; 3° Par les terrains métamorphiques du Fleuve Rouge et les terrains tertiaires de Yen-Bay. La direction est N.O.

Il y a donc, sauf le trouble apporté par les dislocations radiales, dont je vais parler plus loin, *une ligne directrice.*

Cette ligne est facile à définir dans toutes les régions à plis très redressés. Elle l'est beaucoup moins dans les régions à plis couchés.

Si, partant de Lao-Kay, nous descendons le Fleuve Rouge vers le littoral, nous voyons que la ligne directrice se dirige d'abord vers le S.E., puis s'infléchit à hauteur de Vié-Tri, vers l'E.S.E. A Thaï-Nguyen, elle est E.O. On observe cette direction E.O. dans le Dong-Trieu ; après quoi, si nous suivons le littoral, la direction se relève vers l'E.N.E. et même devient presque N.E. à Mon-Cay, à la frontière de Chine. Elle trace donc en gros un arc de cercle qui suit le Fleuve Rouge et le littoral et dont la concavité est tournée vers la Chine.

La carte de M. Zeil montre que dans la région de Pho-Binh-Gia, au moins au Sud et au Sud-Est de cette feuille, la même virgation se produit.

Le problème se complique dès que nous sortons de ces régions. Cependant dans la région de Ha-Giang, Bao-Lac, la direction N.O. ou O.N.O. est dominante, mais cela n'est pas constant.

Dans la région calcaire de Cao-Bang, la direction N.O. se marie avec la direction N.E. Je renvoie à ce que j'ai dit à ce sujet dans la description régionale. J'ai déjà dit et je maintiens que je ne crois pas que la direction N.O. soit due à une nouvelle virgation de la directrice. *Pour moi il y a conflit entre les deux directions, la direction des plis qui est N.E., et la direction des dislocations qui est N.O.*

Il me semble que c'est tout ce qu'on peut dire pour le moment sur cette question des lignes directrices. Dès 1886, M. Jourdy avait été frappé de la double direction N.O., N.E., qu'il avait observée tour à tour. Il considérait la direction N.E. comme une direction de plissement, et la direction N.O. comme une direction de dislocation. Nous venons de voir que le phénomène est en réalité plus complexe dans son ensemble, mais telle qu'elle a été donnée, la formule s'applique strictement, je crois, à la région de Cao-Bang.

Les rivières du Tonkin mettent très bien en évidence la double direction N.E. et N.O. La direction N.O. surtout, saute aux yeux à la première inspection d'une carte. C'est en effet celle du Fleuve Rouge, de la Rivière Noire, du Song-Chay, du Song-Ki-Khong, du Song-Bang-Giang, etc. On la retrouve en Annam. Le Song-Ma, qui passe à Thanh-Hoa, le Song-Ca, qui passe à Vinh, ont cette même direction N.O.

III. — ROCHES ÉRUPTIVES

D'après les conditions connues ou seulement encore présumées de leurs gisements, les roches éruptives du Tonkin peuvent être classées, à l'heure actuelle, en trois grandes divisions qui sont :

1° *Granites et roches en filons s'y rattachant (aplites, microgranites) ;*
2° *Microganites et microgabbros en amas intrusifs et roches en filons s'y rattachant ;*
3° *Roches diverses.*

1° **Granites et roches en filons s'y rattachant (aplites, microgranites).** — On les rencontre dans toute la zone métamorphique aussi bien sur les bords de celle-ci qu'au centre. J'ai donné dans mes descriptions régionales les noms et les situations des principaux massifs.

Il me paraît inutile de les reproduire ici. J'attirerai seulement l'attention sur quelques particularités de composition et de structure.

Le granite du Pia-Ouac est un granite alcalin a mica blanc, avec structure pegmatitique visible à l'œil nu assez fréquente.

Les granites du Pia-Ya et du Phia-Bioc m'ont paru, d'après leur examen macroscopique, être de simples granites à mica noir. Cependant un échantillon, à aspect d'ailleurs différent, que j'ai rapporté du flanc du Pia-Ya, m'a montré, à l'examen au microscope [1], un type de *granite alcalin à riebeckite.*

Les granites rapportés par M. Duclos comme provenant de la région des « Aiguilles » et de toute la grande traînée granitique qui s'étend au nord de Phong-Tho sont tous des *granites* alcalins à *ægyrine*, très voisins des syénites. A ces granites se trouvent associés des *aplites* et des *microgranites,* contenant aussi de l'ægyrine. Les *granites, aplites et microgranites sont fréquemment laminés.*

Il y aura lieu de rechercher si vraiment la richesse des granites en alcalis est aussi constante qu'elle paraît l'être.

Age des granites. — De multiples observations faites dans les régions de Thaï-Nguyen et de Mon-Cay nous montrent le grès rouge d'âge rhétien venant reposer en discordance sur les terrains anciens métamorphisés et sur les granites contenus dans ces terrains anciens. *Les granites ont donc certainement un âge antérhétien.*

Étant donnée l'allure si peu mouvementée au Tonkin des calcaires ouraliens et permiens, il me paraît probable que les granites sont d'un âge antérieur même à l'Ouralien. En tout cas je n'ai jamais constaté que les calcaires ouraliens-permiens aient été métamorphisés et M. Zeil m'a dit, au contraire, avoir observé, non loin de Thaï Nguyen, ces mêmes calcaires *non métamorphisés,* reposant sur des terrains antécarbonifères *métamorphisés.* Ceci établirait l'âge antécarbonifère au moins de certains granites.

2° **Microgranites et microgabbros en amas intrusifs et roches en filons s'y rattachant.** — Ces roches occupent, *sur quatre cents kilomètres de longueur,* la lisière orientale du Tonkin depuis Mon-Cay jusqu'à Yen-Minh.

1. J'ai fait cet examen à l'École des Mines sous la bienveillante direction de M. Termier.

Entre Lang-Son et Cao-Bang elles sont en relation visible avec la grande faille de Lang-Son à Cao-Bang ; elles forment en effet, le long de cette faille entre schistes et calcaires, une longue traînée qui lance à hauteur de That-Khé comme une digitation de cent vingt kilomètres de longueur au Sud, vers Thai-Nguyen, à travers le massif du Bac-Son.

Près de Lang-Son, la roche éruptive semble s'épanouir dans les schistes triasiques tout autour des massifs de calcaire ouralien-permien qui percent, comme je l'ai dit, à travers ces schistes triasiques. Au Sud de Lang-Son, la masse manifeste une tendance à s'allonger le long de la flexure du Bac-Son.

Dans la région calcaire de Cao-Bang, que nous savons être très disloquée, elle pénètre à travers les cassures et s'éparpille en quelque sorte.

Enfin nous la retrouvons de nouveau, suivant le contact des calcaires ouraliens-permiens et des schistes entre Nguyen-Binh et Bao-Lac, et au delà de Bao-Lac, le long de la faille qui limite, au Sud, le plateau calcaire du Dong-Quan, et dans les schistes qui sont au Nord de ce plateau.

Dans la région de Mon-Cay nous avons un massif éruptif très important qui perce à travers les terrains anciens dits de Mon-Cay et le grès rouge rhétien et s'étend en Chine, vers le Nord : je pense qu'il doit venir se relier vers l'Ouest au massif éruptif de Lang-Son.

L'étude détaillée des conditions géologiques de ces gisements montre que nous sommes en présence d'amas hypoabyssiques *pénétrant* dans les schistes primaires et triasiques, et les grès rouges rhétiens. La couverture supérieure de ces amas a été formée selon les circonstances, tantôt par les schistes primaires ou par les schistes triasiques et les grès rouges rhétiens, tantôt par les calcaires ouraliens-permiens. Ce dernier cas est le plus significatif. Il apparaît avec une grande netteté dans les régions de Pho-Binh-Gia et de Cao-Bang. *Là, nous voyons, grâce aux fenêtres d'érosion dont il a été parlé plusieurs fois, la masse éruptive s'étendre dans les schistes antécarbonifères sous le manteau des calcaires ouraliens-permiens.* En même temps nous la voyons projeter, tant dans les schistes antécarbonifères que dans les calcaires ouraliens-permiens, des filons bien caractérisés qui ont une épaisseur variant depuis vingt mètres jusqu'à plusieurs centaines de mètres. Ces filons occupent en partie les couloirs dont j'ai parlé plus haut (voir page 22).

Dans la région de Cao-Bang, il semble même que la roche éruptive a formé parfois des nappes intrusives dans les strates calcaires.

La *pénétration* de la roche éruptive à travers les schistes triasiques est tout à fait établie dans la région de Lang-Son. J'ai relevé à ce sujet des coupes significatives qui démontrent *qu'il n'y a pas eu coulée superficielle.*

La venue de la roche éruptive le long de failles verticales, entre calcaires et schistes, est mise en évidence par les tranchées de la route entre Lang-Son et Cao-Bang. J'ai vu, en effet, sur cette route, entre Dong-Dang et Na-Cham, la roche éruptive s'appliquant contre la paroi *verticale* des calcaires formant escarpement et dont les strates sont presque horizontales. Non loin de Na-Cham, j'ai observé *près du contact,* des morceaux et même un pan entier de calcaire enrobés dans la roche éruptive et formant enclaves.

Enfin, je relaterai une dernière observation, très significative, que j'ai eu l'occasion de faire en de nombreux points de la région Lang-Son-Cao-Bang et que met particulièrement en évidence la carte de M. Zeil entre That-Khé et Nam-Nang, plus spécialement au lieu dit Lung-Phai. On voit de minces et irréguliers liserés de schistes (antécarbonifères ou triasiques) qui sont restés entre le calcaire ouralien-permien et le microgranite. Ils témoignent manifestement que le microgranite n'est pas *antérieur*, mais bien *postérieur* aux failles qui séparent ces calcaires des schistes.

L'étude des amas et filons révèle un certain nombre de faits typiques.

1° La roche éruptive exerce une influence métamorphique constante, mais toujours très restreinte, sur les terrains encaissants, schistes ou calcaires.

2° Les enclaves sont *extrêmement* fréquentes et ont toutes les dimensions : leur épaisseur varie depuis quelques mètres jusqu'à un kilomètre.

3° Le bord des massifs éruptifs est, en général, très déchiqueté. Autrement dit, il y a eu des digitations nombreuses de la roche éruptive dans toutes les directions autour du noyau central.

L'ensemble de ces conditions laisse supposer que la mise en place de la roche éruptive a dû se faire selon un mode assez analogue à celui décrit par M. Michel Lévy dans son mémoire sur le porphyre bleu de l'Estérel, c'est-à-dire par injection de la roche à travers les strates. Mais le phénomène offre ici une ampleur incomparablement plus grande. Quand les enclaves deviennent très importantes, elles méritent une attention spéciale, car il est fort possible qu'alors nous ne soyons vraiment pas en présence d'enclaves, mais plutôt, soit de véritables lambeaux de flottement, débris de la couverture sédimentaire non encore entièrement détruits par l'érosion, soit, au contraire, des lambeaux du terrain sous-jacent, et qui constitueraient la base du *laccolite*. La carte de M. Zeil montre précisément dans le massif de That-Khé, Van-Mit, deux grandes enclaves *apparentes* qui, par leur situation topographique spéciale, l'une s'étalant le long d'une crête, l'autre, au contraire, située au fond d'un ravin, représentent peut-être les deux cas dont je viens de parler. Ceci est à étudier.

Qu'il y ait eu laccolite au sens propre du mot, c'est-à-dire intrusion de la roche éruptive dans les terrains sédimentaires et *soulèvement général de la couverture des terrains sédimentaires*, je ne mets point ceci en doute. C'est dans la région de Lang-Son que le phénomène apparaît avec le plus d'évidence. Nous constatons que la roche éruptive forme des pics pointus (altitude 800 mètres) d'un aspect très caractéristique qui dominent à la fois les schistes et les calcaires ouraliens-permiens. On a *le sentiment* que, lorsque ces massifs éruptifs étaient recouverts par les schistes triasiques, il devait en résulter des hauteurs sensiblement supérieures à celles que pouvaient avoir les calcaires ouraliens-permiens presque horizontaux, revêtus de toute l'épaisseur des terrains triasiques. Cependant, ces calcaires marquent l'emplacement de parties *géologiquement surélevées*. Cette anomalie ne peut s'expliquer qu'en supposant que les schistes ont été soulevés par la roche éruptive. Cette explication, je le reconnais, manque un peu de précision; mais l'exemple donné par la Montagne du Mauson est plus significatif. Cette

montagne, formée de grès triasiques, qui sont traversés par de nombreux filons de quartz, s'élève brusquement à l'altitude, exceptionnelle dans la contrée, de 1540 mètres. Il me paraît difficile d'y voir autre chose qu'un laccolite dont la couverture sédimentaire, particulièrement résistante à l'érosion, n'aurait pas encore été décapée.

A l'examen macroscopique, on distingue dans la roche éruptive deux types principaux.

Le premier type est un porphyre avec grands cristaux de feldspath visibles ; le second, avec cristaux de feldspath et de pyroxène visibles, rappelle les diabases communes. Ces deux types passent dans le voisinage des bords des massifs aux variétés compactes.

Le premier type se montre dans les régions de Mon-Cay, Pho-Binh-Gia, That-Khé ; le second, dans les régions de Cao-Bang, Bao-Lac.

La séparation entre les deux types se fait à peu près à mi-chemin entre That-Khé et Cao-Bang.

Dans la région de Mon-Cay on constate à l'œil nu une modification de structure progressive et qui est particulièrement intéressante. C'est lorsqu'on va de Ac-Hoi à Hoanh-Mo par le col de Lang-Thu. On passe alors des terrains sédimentaires, d'abord à un porphyre à pâte compacte, puis à un porphyre à deux temps contenant des cristaux visibles de feldspath. Après le col de Lang-Thu, la transformation continuant, nous avons toutes les apparences d'un granite à grain fin qui forme le cœur du massif éruptif.

L'étude microscopique des roches confirme et précise ces résultats.

Je résume ici le résultat de l'examen que M. Termier, — à qui j'adresse ici l'expression de ma vive gratitude — a bien voulu faire sur les échantillons que je lui avais adressés en 1905.

Il y a deux types principaux de roches : Les *microgranites* et les *microgabbros*.

Les *microgranites* correspondent à la région de Mon-Cay, Lang-Son, Pho-Binh-Gia, That-Khé ; les *microgabbros*, à la région de Cao-Bang, Bao-Lac.

Cependant, il semble y avoir passage. Tandis que dans la région de Mon-Cay, nous constatons l'existence de microgranites ordinaires, presque microsyénites et qu'à l'extrémité nord de la région de Pho-Binh-Gia, au Khau-Kiem, près Thaï-Nguyen, nous avons un microgranite très franc, nous voyons le microgranite, dans la région de Lang-Son-Pho-Binh-Gia, se charger de pyroxène quand on s'approche de That-Khé. L'étude précise du passage n'a point été faite, mais ce qui précède nous fournit déjà des indications intéressantes et de nature à diriger les recherches futures.

Dans le *microgranite* la structure est en général microgrenue à deux temps. Il y a des variétés et qui paraissent correspondre à des modes divers de gisement.

Dans la région de Mon-Cay, entre *Ac-Hoi* et *Hoangh-Mo*, nous voyons un *microgranite très feldspathique* passer à un *microgranite très feldspathique avec très belles micropegmatites à étoilement*, puis à un *granite pegmatitique*.

Dans la région de Pho-Binh-Gia, le microgranite ordinaire passe, lorsqu'on s'approche du bord du massif, à un *microgranite avec sphérolithes feldspathiques* et à un *microgranite à pâte très fine, presque un rhyolite holocristallin*.

Les *microgabbros* ont de même une structure qui les rapproche tantôt du gabbro, tantôt des diabases (c'est le cas le plus fréquent), tantôt des andésites noires.

Dans la région des microgranites, entre Thanh-Moi et Van-Linh, je signalerai encore dans les calcaires permiens un filon très bien caractérisé, de vingt mètres d'épaisseur environ, dont le diagnostic microscopique s'énonce comme suit : « Roche à structure microlitique enchevêtrée, passant à la structure granitoïde. C'est une *microdiorite* à hornblende et mica noir ».

Age des microgranites et des microgabbros. — Les microgranites de Lang-Son percent à travers les schistes triasiques ; ceux de Mon-Cay pénètrent dans le terrain grès rouge rhétien. J'admets donc que *les microgranites et micrograbbos sont d'âge post-rhétien.* Ils constituent, par suite, une venue certainement tout à fait différente de celle des granites et, d'ailleurs, près de Nguyen-Binh, on voit les microgabbros traverser le granite du Pia-Ouac et son auréole de métamorphisme.

Une limite supérieure de l'âge des microgranites et microgabbros nous est donnée par l'âge du terrain lacustre de Cao-Bang, qui semblent appartenir au Tertiaire. J'ai dit que ce terrain lacustre contient des galets roulés empruntés au micrograbbo avoisinant.

Il ne paraît guère possible de serrer le problème de plus près. Cependant, on remarquera que les microgranites sont en relation évidente avec les failles radiales qui affectent les calcaires ouraliens-permiens J'ai supposé (sans en avoir, il est vrai, aucune preuve) que ces failles s'étaient produites à l'époque des plissements himalayens. La venue des microgranites et microgabbros serait donc un peu postérieure à ce mouvement et daterait, sans doute, du début de l'époque tertiaire.

3° **Roches diverses.** — Ce sont surtout des roches vertes qui ont été rencontrées dans le bassin de la Rivière Noire, entre Van-Yen et Van-Bu, et entre Binh-Lu et Phong-Tho, ainsi qu'au Mont Ba-Vi. On en trouve aussi quelques lambeaux entre Yen-Bay et Van-Bu et dans la vallée du Fleuve Rouge, à Bao-Ha et à Lang-Khé. Examinées au microscope, ces roches forment une série très peu homogène constituée par des gabbros à olivine, microgabbros, microsyénites, et roches ouralitisées et chloritisées à texture microlitique fluidale (trachytes et andésites). Les conditions de gisement, d'après M. Duclos, sont variables. A première vue, certaines roches paraissent se présenter en amas, d'autres en filons, d'autres en coulées interstratifiées. Il y a là un ensemble complexe qui réclame une étude détaillée et approfondie.

RÉSUMÉ DE NOS CONNAISSANCES GÉOLOGIQUES

SUR LES

PAYS DE L'INDO-CHINE AUTRES QUE LE TONKIN

I. — Annam

L'exploration géologique de l'Annam est encore peu avancée.

Les observations du Service des Mines ont été faites surtout autour de Tourane, dans les provinces de Quang-Nam et de Thua-Tien, et accessoirement dans la région de Thanh-Hoa, près du Song-Ma, dans celle de Vinh, sur la route de Vinh à Vientiane par le col de Ha-Trai, ou sur la route de Vinh à Xhieng-Khouang par le Song-Ca.

Partout ailleurs on ne possède guère que des échantillons qui ont été recueillis par le Service des Travaux publics, à l'occasion des études de chemins de fer ou de différentes missions de reconnaissance.

Voici le résumé des observations et renseignements, en allant du Nord au Sud :

1° *Région de Thanh-Hoa.* — C'est la continuation de la région décrite plus haut, page 12, et que j'ai appelée *Région du littoral au Sud de Hanoï*. Nous remarquons ici, au dessous des calcaires puissants massifs, un ensemble de terrains passablement métamorphisés et composés de grès, schistes, avec bancs de calcaires intercalés qui sont parfois épais. Des roches éruptives vertes sont interstratifiées dans les schistes.

La direction dominante des strates est nord-ouest.

2° *Région de Vinh.* — Dans la région de Vinh, les quartzites dominent et rappellent le faciès des *grès de Do-Son*. C'est peut-être la même formation.

Quand on remonte le Song-Ca, on voit des massifs de calcaire alterner avec ces quartzites. Le tout est généralement assez métamorphisé et est traversé d'après mes propres observations et les échantillons que m'ont remis les officiers du Service géodésique, par plusieurs massifs de granite ainsi que par des porphyres (microgranites).

3° *Région de Ha-Tinh.* — D'après les échantillons que m'ont remis les officiers chargés d'étudier le projet d'une voie ferrée de pénétration au Laos, cette région comprend, à l'Est surtout, des quartzites, à l'Ouest une alternance de schistes et calcaires plus ou moins métamorphisés. Plus à l'Ouest encore, sur la frontière du Laos, commencent les calcaires massifs que M. le capitaine Billés a reconnus jusqu'au fleuve Mé-Kong et que je rattache à l'âge ouralien, d'après mes propres observations dont je parlerai plus loin.

4° *Région de Hué-Tourane.* — On retrouve des calcaires massifs par lambeaux, jusqu'à hauteur de Tourane. Près de Hué nous avons des grès et schistes assez métamorphisés, et traversés par des pointements de granite (granite du col des Nuages, entre Tourane et Hué). L'influence du métamorphisme est très prononcée au Nord

de Tourane et aussi au Sud, près de la mine d'or de Bong-Miu. Nous avons là des gneiss et des micaschistes. Mais à côté de ces terrains, entre la mine d'or de Bong-Miu et Tourane, se montrent des phyllades et quartzites pas ou peu métamorphisés, d'âge certainement antérieur au Carbonifère.

Entre les phyllades, au Sud, et les gneiss et micaschistes, au Nord, s'étend, *dans la direction générale est-nord-est, la bande de terrain rhétien* qui comprend les couches de charbon exploitées à Nong-Son. Ce terrain, *nullement métamorphisé*, repose directement sur les gneiss et contient des poudingues polygéniques, composés d'éléments arrachés aux gneiss. Il est donc nettement postérieur à l'époque où le métamorphisme s'est effectué.

A quelque dix kilomètres au Nord de Nong-Son, à Vinh-Phuoc, M. Counillon a recueilli à diverses reprises, depuis une dizaine d'années, dans les schistes de la formation secondaire, des empreintes de plantes qui sont rapportées au Rhétien par M. Zeiller et divers fragments de fossiles (Ammonite, Bélemnite, Lamellibranches) dont la détermination n'est pas encore faite.

La direction E.N.E., affectée par les terrains anciens, n'a fait que reproduire une direction ancienne de plissement que l'on constate dans les phyllades et les terrains métamorphiques. D'après les constatations faites sur les filons d'or de Bong-Miu qui offrent tous les caractères de failles de chevauchement, il semble que la région a été l'objet d'un plissement intense à une époque antésecondaire, probablement hercynienne. Les strates des terrains rhétiens ne sont au contraire que modérément plissées.

J'ai noté entre Bong-Miu et Nong-Son un pointement de porphyre (microsyénite).

L'île de Culao-Ré, près de la côte, est constituée par du basalte.

5° *Région du Sud-Annam. — Les calcaires disparaissent complètement.* Les terrains sédimentaires se montrent partout métamorphisés; ils sont composés principalement de quartzites et de schistes satinés.

On rencontre divers pointements de granites, microgranites et basalte. Le granite domine.

M. l'Ingénieur en Chef Jullidière m'a signalé certaines particularités intéressantes que présentent les rivières de la Lagna et du Donnai, qui prennent leur source dans le massif montagneux du Sud-Annam situé à l'Est de Saïgon. Le cours supérieur de ces rivières coule sur des plateaux très peu inclinés, et est très peu encaissé; leurs cours moyen est au contraire fortement creusé; leur cours inférieur se répand dans la plaine. Tout semble se passer comme si nous étions en présence d'une ancienne pénéplaine qui aurait été soulevée par un mouvement brusque de sorte que le *nouveau* phénomène d'érosion marchant d'amont en aval, n'aurait eu que le temps de raviver le creusement du *cours moyen* de la rivière, sans atteindre encore le *cours supérieur*.

II. — Laos septentrional

J'ai cité, dans le résumé des travaux géologiques sur l'Indo-Chine parus avant l'année 1903, la *note de M. Counillon sur les environs de Luang-Prabang insérée aux Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, en 1896.*— M. Counillon a reconnu dans cette localité l'existence du Permien et du Trias.

Le Laos septentrional a été l'objet de plusieurs reconnaissances d'itinéraires parmi lesquelles il faut citer les voyages de M. Mallet dans la région de Pak-Beng (massif du Pou-Luong), ceux de M. Monod dans les régions de Vien-Tiane, du Tranninh et de Luang-Prabang et ceux que j'ai faits moi-même dans les régions du Cammon, de Vien-Tiane et du Tran-Ninh, à quoi il faut ajouter les renseignements qui m'ont été donnés par MM. les capitaines Birlet et Billès, chargés de missions géodésique et d'exploration.

A. **Terrains sédimentaires.** — 1° *Terrains antécarbonifères.* — J'y distingue deux faciès principaux.

a) *Un terrain essentiellement gréseux*, poudingues, grès, schistes gréseux, qui est sans doute la continuation à l'Ouest des quartzites de Vinh et des grès de Do-Son. D'après mes propres observations, corroborées par celles de MM. les capitaines Birlet et Billès, ce terrain couvre une grande partie de la province de Cammon et s'étend à la fois sur le Laos et l'Annam, entre Pak-Hin-Boun (Laos), sur le Mé-Kong et Ha-Tinh (Annam), près de la mer. Près des mines d'étain de Ban-Ta-Coua j'ai vu ce grès formant un anticlinal très net dont les flancs sont recouverts par le calcaire ouralien-permien.

b) *Des terrains à faciès très variables*, schisto-gréseux et calcaire, comprenant, je pense, plusieurs formations distinctes. C'est un complexe qu'une étude détaillée permettrait seule de débrouiller.

Je range, parmi ces terrains, des calcaires bleus épais que je sépare des calcaires massifs ouraliens-permiens.

Il n'a été trouvé aucun fossile dans ces différents terrains.

2° *Calcaires ouraliens et permiens.* — Je rattache aux calcaires de cet âge des calcaires massifs, tantôt blancs, tantôt noirs, en bancs presque toujours assez bien lités, parfois avec des lits de phtanites. *Les strates sont le plus souvent presque horizontales, mais parfois cependant ondulées.* La formation atteint peut-être 1000 mètres d'épaisseur totale. Elle est très développée dans la province de Cammon : *j'y ai recueilli des Fusulines.* L'analogie avec les calcaires ouraliens-permiens du Tonkin et du Yunnan ne fait aucun doute. Ces calcaires forment plusieurs massifs dans la région comprise entre Vien-Tiane et Xhieng-Khouang.

Ils semblent offrir un développement tout particulier dans la région de Luang-Prabang, à l'Est et au Nord de cette ville. Mais alors, les bancs calcaires s'entremêlent de schistes. M. Monod y a remarqué des bancs pétris de Rhynchonelles et d'autres pétris de Schwagérines. Ces derniers appartiennent au gîte dit de Pang-Oua et montrent des Foraminifères admirablement conservés (*Fusulina, Schwagerina Verbecki, Doliolina craticulifera*, etc.) qui ont fait l'objet d'une note de M. Douvillé à l'*Académie des Sciences* (Compte rendu du 23 juillet 1906). Il est possible que les calcaires du Pang-Oua se rapportent au *Permien moyen.*

Cette région de Luang-Prabang serait tout à fait intéressante à explorer en détail, car il semble qu'on y trouverait une succession de terrains fossilifères plus complète qu'ailleurs de *Carbonifère, Permien* et *Trias.*

3° *Terrain secondaire* (*Trias*). — Je me borne à mentionner le gisement triasique

de Luang-Prabang découvert par M. Counillon [1]. Dernièrement M. Mahé, Résident supérieur au Laos, m'a dit que la présence du charbon avait été signalée dans la vallée du Nam-Hou, au Nord-Est de Luang-Prabang. Ceci doit être rapproché de l'indication semblable donnée par M. Counillon à Luang-Prabang. Il est probable, d'après la direction nord-est observée par M. Counillon à Luang-Prabang que le Permien et le Trias doivent se retrouver plus au Nord dans la vallée du Nam-Hou.

A l'Est de Vien-Tiane, entre Pa-Tchoum et Borrikan, j'ai observé une formation de schistes gréseux rouges à strates peu inclinées, que je suppose appartenir au terrain secondaire (triasique) dont je vais dire quelques mots en parlant du Laos méridional.

4° *Terrain tertiaire.* — Au Nord de Xhieng-Khouang existent plusieurs gisements de lignite, indices de formations lacustres analogues à celles qui ont été reconnues au Tonkin et au Yunnan.

B. **Terrains métamorphiques. — Roches éruptives.** — Les terrains métamorphiques du Laos ne sont que de simples auréoles entourant les noyaux granitiques. Le métamorphisme paraît moins intense qu'en Annam et qu'au Tonkin, sauf à la traversée de la chaîne annamitique, près du col de Ha-Trai. Je n'ai pas observé de gneiss et micaschistes, mais seulement des schistes satinés, des quartzites micacés.

Les roches éruptives sont variées. A titre d'exemple, je citerai le granite du col de Ha-Trai; les diorites, microdiorites et gabbros qui constituent le massif que j'ai traversé au Sud de Xhieng-Khouang, en allant de Borrikan à Xhieng-Khouang ; les microgranites roulés qui se présentent dans les alluvions aurifères du Mé-Khong, près de Vien-Tiane.

D'après la description de M. Mallet, il existerait, en outre, dans le massif de Pou-Luong, à l'Ouest de Luang-Prabang, des roches éruptives vertes interstratifiées dans des phyllades.

III. — Laos méridional, Cambodge et Cochinchine

L'étude de cette région, ébauchée par MM. Joubert, Petiton et Marc Bel a été reprise récemment (1904) par M. René de Lamothe, qui m'a communiqué le résultat de ses observations dans une note spéciale annexée au présent travail.

Je résume rapidement cette note.

M. R. de Lamothe distingue les quatre formations suivantes :

1° Des terrains anciens antécarbonifères, traversés par des masses cristallines (granite et diorite) ;
2° Des calcaires massifs, présumés d'âge carbonifère ;
3° Trias, avec venues porphyriques ;
4° Des épanchements basaltiques récents.

M. R. de Lamothe constate que les calcaires massifs, d'âge présumé carbonifère, *semblent* être en discordance sur les terrains anciens. Cette observation a un grand intérêt, car elle paraît bien démontrer la généralité de la loi que j'ai énoncée pour le Yunnan et le Tonkin et qui s'appliquerait dans toute l'Indo-Chine, à savoir : l'existence

1. Voir plus haut, page 48.

d'un mouvement orogénique intense à l'époque hercynienne, auquel a succédé la grande transgression des terrains ouraliens-permiens, en discordance sur les terrains précédents.

Une autre observation également très intéressante faite par M. R. de Lamothe est celle de la grande extension de la formation schisto-gréseuse triasique où M. Marc Bel a trouvé en 1897 une Ammonite identique, d'après M. Douvillé, à celle recueillie par M. Counillon dans la région de Lang-Son, qui a été déterminée par M. Mansuy comme *Danubites himalayanus* du Trias inférieur de l'Inde.

RÉSUMÉ DE NOS CONNAISSANCES GÉOLOGIQUES SUR QUELQUES PAYS LIMITROPHES DE L'INDO-CHINE

Je réunis ici quelques renseignements inédits ou peu connus concernant le Yunnan, le Siam et l'île de Haïnan.

I. — Yunnan

Ce pays a été exploré en 1898 par M. Leclère, qui a publié ses observations dans une *Étude géologique et minière des provinces chinoises voisines du Tonkin.*

J'ai exploré moi-même le Yunnan méridional en fin 1903 avec MM. Counillon et Mansuy. Le résultat de nos travaux venant de paraître dans les *Annales des Mines* (3e et 4e livraisons de 1907), je me bornerai à un simple rappel.

Les terrains suivants ont été reconnus :

Cambrien inférieur ;
Dévonien moyen et supérieur ;
Carbonifère supérieur et Permien inférieur ;
Trias moyen et supérieur.
Tertiaire lacustre.

Il y a discordance : entre le Cambrien inférieur et le Dévonien moyen et supérieur ; entre le Dévonien supérieur et le Carbonifère supérieur ; entre le Permien inférieur et le Trias. Les deux premières discordances paraissent avoir été marquées par des phénomènes de plissement intense, survenus dans l'intervalle du dépôt des couches. Au contraire, je crois qu'entre le Permien et le Trias, il n'y a guère eu comme au Tonkin et au Laos qu'une simple régression, puis une transgression.

J'ai constaté l'existence de grandes failles et de plissements intenses, *intéressant tous les terrains, sauf le Tertiaire.*

La direction des couches est N.N.E., en général avec une tendance à l'inflexion vers le Sud-Ouest et E.O., et peut-être l'incurvation s'accusant, y a-t-il recourbement complet vers le Nord-Ouest.

Dans la région que j'ai parcourue les granites sont rares : certains massifs semblent être d'âge post-triasique.

J'ai constaté l'existence d'un grand épanchement basaltique qui a recouvert les derniers dépôts permiens, précédant la transgression triasique.

II. — Siam

Le voyage de M. Monod, de Luang-Prabang à Bangkok, par Outaradit, et de Bangkok à Nong-Kay, par Korat, donne quelques renseignements sur la constitution géologique du Siam.

De Paklai à Outaradit, M. Monod a observé des schistes gréseux avec, de place en place, des calcaires.

De Saraburi à Korat, M. Monod a observé des schistes généralement assez argileux et qui passent aux grès grossiers rouges assez micacés lorsqu'on approche de Korat. Ces schistes et grès *recouvrent*, dit M. Monod, des îlots isolés de calcaires marmoréens blancs et bleus. De Korat à Nong-Kay on traverse une plaine unie, formée surtout de sables argileux alluvionnaires, interrompus seulement par des bancs de latérite. M. Monod a constaté aussi de place en place des *bancs de grès en larges dalles horizontales*.

Il faut rapprocher ces observations de celles qui ont été faites par les officiers dans les explorations récentes de la province de Battambang et de la chaîne de Dang-Reck. Tous s'accordent à indiquer l'existence de grès en bancs puissants et avec des strates peu inclinées.

Le grand nombre de sources ou étangs salés signalés par M. Monod dans la plaine siamoise et par l'Administration civile du Laos dans toute la région qui s'étend depuis Savannaket jusqu'au-delà de Vien-Tiane, me paraît d'ailleurs un indice tout à fait significatif de l'extension d'une grande formation salifère qui serait précisément la formation gréseuse triasique reconnue par M. R. de Lamothe dans le Laos méridional et au Cambodge et dont feraient également partie les grès micacés rouges que j'ai observés entre Pa-Tchoum et Borri-Kan.

D'autre part, M. le capitaine Debay, de la mission Pavie, qui a exploré la chaîne annamitique, m'a dit avoir observé des couches de charbon au Laos, à l'Ouest de Nong-Son.

Je ne fais donc aucun doute que le bassin de Nong-Son traverse la chaîne annamitique. C'est par là certainement, à hauteur de Tourane, que devait passer le bras de mer réunissant autrefois la mer triasique du Laos, du Siam et du Cambodge, à la mer triasique du Tonkin.

III. — Ile de Haïnan

Une notice sur l'île de Haïnan par M. Brérault, Ingénieur civil des Mines, parue en 1905 dans la *Revue Indo-Chinoise*, donne quelques renseignements sur la géologie de cette île.

Le Sud de l'Ile est constitué par du granite, le Nord par des grès et quartzites

anciens (peut-être similaires des grès de Do-Son) et par des grès et schistes que M. Brérault assimile au terrain rhétien houiller et grès rouge du Tonkin.

Le calcaire n'existerait pas dans l'île.

Au Nord et à l'Ouest les grès sont recouverts de produits volcaniques, cendres et laves.

IV. — Observation au sujet de la direction générale des strates dans le Yunnan méridional et en Indo-Chine

J'ai montré qu'à hauteur de Tourane la direction des strates est est-nord-est, c'est-à-dire perpendiculaire à la chaîne annamitique. Au col de Ha-Trai j'ai observé la direction dominante est-ouest. Au contraire, dans la région du Cammon, près de Pak-Hin-Boun, j'ai trouvé la direction N. N. O. et c'est cette direction que M. R. de Lamothe a surtout observée tant dans le Laos méridional que dans le Cambodge. Nous retrouvons donc ici les mêmes divergences qu'au Tonkin et au Yunnan. *A titre d'hypothèse provisoire, j'émets l'idée que la virgation observée au Tonkin et au Yunnan se continue dans le Laos et dans l'Annam.* Je crois que les couches dirigées nord-ouest dans le bassin du fleuve Mé-Kong se dirigent vers le Sud-Annam en se recourbant de façon à devenir est-nord-est, c'est-à-dire parallèles *à la ligne Haïphong--Mon-Cay et au plus grand allongement de l'île de Haïnan.*

En tout cas, je considère que l'hypothèse de Fuchs d'une chaîne annamitique *géologique* dirigée nord-ouest, avec axe cristallin, flanqué de schistes cristallins et de terrains sédimentaires, n'est pas exacte. Les granites sont répandus partout dans toute l'Indo-Chine quoique peut-être plus abondants surtout dans le Sud-Annam, où l'érosion paraît avoir été plus intense, le calcaire ouralien-permien ayant été totalement enlevé.

Dans le même ordre d'idées il est intéressant de constater que le calcaire ouralien-permien recouvre toute la largeur de la chaîne annamitique entre Pak-Hin-Boun, sur le Mé-Kong et Ha-Tinh sur le bord de la mer.

INDEX ALPHABÉTIQUE

DES NOMS CONTENUS DANS LA CARTE DE LA PLANCHE I

Les deux lettres (majuscule et minuscule) qui accompagnent chaque nom se rapportent aux lettres de renvoi du cadre de la carte et indiquent les deux directions à suivre horizontalement et verticalement pour trouver l'emplacement du nom.

Ac-Hoi Fc
An-Chau Ec

Bac-Kan Db
Bac-Ken Db
Bac-Lé Ec
Bac-Ninh Dc
Baie d'A-Long Ed
— de Faï-Tsi-Long Fc
Ban-Cra Eb
Ban-Gise Eb
Ban-Vai Db
Ban-Vuoc Bb
Bao-Ha Bb
Bao-Lac Db
Ben-Mo Cd
Bi-Nhi Eb
Binh-Lieu Fc
Binh-Lu Bb
Bo-Gai Db

Cao-Bang Db
Cam-Khé Cc
Cam-Pha Fc
Cho-Bo Cd
Cho-Chu Dc
Cho-Ra Db
Chu Ec
Chuc-Phaï-Chan Fc
Colline de l'Eléphant Ed
— du Nui-Déo Ed
Cu Lé Db

Dap Cau Dc
Dinh-Lap Ec
Don-Du Dc
Dong-Dang Ec
Dong-Trieu Ec
Dong-Van Ca
Do-Son Ed

Fleuve Rouge Bb, Cc, Dc, Dd

Ha-Giang Cb
Haïphong Ed
Ha-Lang Eb
Hanoï Dc
Hao-Binh Cd
Hoanh-Mo Fc
Hon-Dau Ed
Hon-Gay Ed
Huong-By Ed
Hung-Hoa Cc

Ile de Ba-Moun Fc
— de la Cac-Ba Ed
— Château-Renaud Fc
Ile des Deux Songs Ed
— Gow-Tow Fc
— du grand-Singe Fc
— Ke-Bao Fc
— Kersaint Fc
— Lo-Chu-San Fc
— Longue Fd
— Madeleine Fc
— Rousse Ed
— aux Sangliers Fc
— de la Table Fc, Fd
— Van Haï Fd

Lac Ba-bé Db
Laï-Chau Ab
Lao-Kay Bb
Lang-Khé Cc
Lang-Nac Ec
Lang-Son Ec
Loc-Phu Fc
Long-Tchéou Eb
Luc-An-Chau Cb
Lung-Matt Db
Lung Phai Db

Ma-Li-Po Ca
Massif des Ba-Chau Db, Eb
— du Bac-Son Dc, Ec
— du Dong-Quan Ca, Da
— du Luc-Khu Db
— du Lung-Sung Db
— du Tap-Na Db
Méo-Vac Ca
Mon-Cay Fc
Mont Ba-Vi Cc
— Nam-Thuong Cb
— Nui-Con-Voi Cc
— Phia-Bioc Db
— Pia-Ouac Db
— Pia-Ya Db
— Pou-Ta-Ka Cb
— Taa-Po Db
— Tam-Dao Dc
— Tsi-Con-Linh Cb
Mo-Nhai Dc
Mo-Xat Db
Muong Het Bd
Muong Hum Bb

Na Cham Eb
Na-Tack Dc
Na-Ton Dc
Mam-Dinh Dd
Nam-Nhung Db
Ngan-Son Db
Ngoï-Hop Cc
Ngoï-Lao Cc
Nguyen-Binh Db
Ninh-Binh Dd

Phat-Diem Dd
Phi-Liet Ec
Pho-Bang Ca
Pho-Binh Gia Dc
Phong-Tho Ab
Phu-Doan Cc
Phu-Lang-Thuong Dc
Phu Lien Ed
Phu-Nho-Quan Dd
Port Courbet Ed

Quang-Ba Ca
Quang-Uyen Db
Quang Yen Ed

Rivière Claire Ca, Cb, Cc, Dc
— Noire Ab, Bb, Bc, Cc, Cd
— Song-Bac-Giang Db, Eb
— Song-Bang-Giang Db, Eb
— Song-Cau Db, Dc
— Song-Chay Cb, Bb, Cc
— Song-Day Dc, Dd
— Song-Gam Da, Db, Cb, Cc
— Song-Ki-Kong Ec, Eb
— Song-Lam Ec
— Song-Nang Db
— Song-Thuong Dc, Ec

Sept-Pagodes Ec
Soc-Giang Db

Ta-Lung Eb
Thaï-Nguyen Dc
Thanh-Nuan Dd
Thanh-Moi Ec
That-Khé Eb
Thong-Hoa-Phu Db
Thuong-Lam Cb
Trung-Khan-Phu Eb
Tu-Lé Bc
Tuyen-Quang Cc

Van-Bu Bc
Van Linh Ec
Van Mit Db
Van-Yen Cc

Xa-Ly Ec
Xuat-Tac Dc
Xuan-Xa Dc

Yen Bay Cc
Yen-Lac Db
Yen-Minh Ca

TABLE DES MATIÈRES

Pages

AVANT-PROPOS 3

Résumé des travaux géologiques sur l'Indo-Chine parus avant l'année 1903. 3

Indication des travaux géologiques exécutés pendant la période 1903-1906. 5

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE DU TONKIN 6

I. STRATIGRAPHIE ET DESCRIPTIONS RÉGIONALES 6

I. Silurien et Dévonien 6

1° *Région centrale du Haut-Tonkin* (Feuilles de That-Khé et Pho-Binh-Gia). 7

2° *Région nord du Haut-Tonkin et Bassin de la Rivière Claire* (Feuilles de Ha-Lang, Cao-Bang, Yen-Minh, Bao-Lac, Ma-Li-Po, Ha-Giang, Luc-An-Chau, Tuyen-Quang). . . . 9

3° *Région du Fleuve Rouge et de la Rivière Noire* (Feuilles de Pa-Kha, Phong-Tho, Lai-Chau, Lao-Kay, Luc-An-Chau, Tu-Lé, Yen-Bay, Van-Bu, Cam-Ké, Vié-Try, Van-Yen, Hanoï) . 11

A. Région comprise entre le Song-Chay et le Fleuve Rouge. 11

B. Région comprise entre le Fleuve Rouge et la Rivière Noire 12

C. Massif du Mont Tam-Dao et du Mont Ba-Vi, près Hanoï 12

4° *Région du littoral, au Sud de Hanoï* (Feuilles de Hanoï, Nam-Dinh, Phu-Nho-Quan, Thanh-Hoa, Phat-Diem) 12

5° *Région du littoral, à l'Est de Hanoï* (Feuilles de Haï-Duong, Haïphong, Hon-Dau, An-Chau, Ke-Bao, Mon-Cay) 13

1° Terrain ancien de Mon-Cay. 13

2° Grès de Do-Son. 14

II. Carbonifère supérieur et Permien inférieur. 15

1° *Région de Haiphong, Hongay, Kebao* (Feuilles de Hai-Duong, Haiphong, Ke-Bao, Mon-Cay). 15

2° *Région de Pho-Binh-Gia, Lang-Son, Cao-Bang, Bao-Lac*. 16

A. Région de Pho-Binh-Gia (Feuilles de Pho-Binh-Gia, Lang-Son et Bac-Ninh). 16

a. Massif de la région du Bac-Son et de Xuat-Tac 16

b. Massif de Xuan-Xa et Tong-Noc 17

c. Massif du Kim-Hi 17

d. Lambeau de Yen-Lac. 18

B. Région de Lang-Son (Feuille de Lang-Son) 18

C. Région de That-Khé, Ha-Lang et Cao-Bang (Feuilles de That-Khé, Ha-Lang et Cao-Bang). 18

D. Région de Bao-Lac (Feuilles de Bao-Lac et Yen-Minh) 23

III. Trias 24

Trias de Lang-Son (Feuilles de Lang-Son, Pho-Binh-Gia, That-Khé) 24

IV. Terrain dit houiller (Rhétien). 25

1° *Terrain houiller rhétien de la bande littorale* (Feuilles de Haï-Duong, Haïphong, An-Chau, Ké-Bao, Mon-Cay) 25

2° *Terrain rhétien de Ben-Mo* (Feuille de Van-Yen). 27

3° *Terrain rhétien à l'Ouest de Ninh-Binh* (Feuilles de Hanoï et Phu-Nho-Quan). 27

V. Grès rouge (Rhétien) (Feuilles de Mon-Cay, An-Chau, Haïphong, Haï-Duong, Bac-Ninh, Pho-Binh-Gia, Tuyen-Quang, Vié-Tri, Lang-Son) 27

VI. Tertiaire. 29

VII. Quaternaire et Actuel 31

Résumé stratigraphique 31
1° *Silurien et Dévonien* 31
2° *Carbonifère supérieur et Permien inférieur* 32
3° *Trias* 33
4° *Terrain dit Houiller* (Rhétien) 33
5° *Grès rouge* (Rhétien) 33
6° *Tertiaire* 33
7° *Quaternaire et Actuel*. 34
ESSAI D'UNE SYNTHÈSE DES PHÉNOMÈNES TECTONIQUES ET DES TRANSGRESSIONS ET RÉGRESSIONS 34
1° Grands plissements hercyniens 34
2° Phénomènes de transgression et régression. 36
3° Grandes dislocations radiales 37
A. Région de Pho-Binh-Gia, That-Khé, Lang-Son, Cao-Bang, Bao-Lac. 37
B. Région du littoral, entre Haiphong et Mon-Cay. 39
4° Des plissements pliocènes 40
5° Lignes directrices des plissements. 40
ROCHES ÉRUPTIVES 42
1° *Granites et roches en filons s'y rattachant (aplites et microgranites)*. 42
Age des granites. 42
2° *Microgranites et microgabbros en amas intrusifs et en roches-filons s'y rattachant* . . . 42
Age des microgranites et microgabbros 46
3° *Roches diverses*. 46
RÉSUMÉ DE NOS CONNAISSANCES GÉOLOGIQUES SUR LES PAYS DE L'INDO-CHINE AUTRES QUE LE TONKIN. 47
I. Annam 47
1° Région de Thanh-Hoa 47
2° Région de Vinh 47
3° Région de Ha-Tinh 47
4° Région de Hué et Tourane. 47
5° Région du Sud-Annam 48
II. Laos septentrional. 48
A. *Terrains sédimentaires* 49
1° Terrains antécarbonifères 49
2° Calcaires ouraliens et permiens 49
3° Terrain secondaire (Trias). 49
4° Terrain tertiaire 50
B. *Terrains métamorphiques. — Roches éruptives*. 50
III. Laos méridional, Cambodge et Cochinchine 50
RÉSUMÉ DE NOS CONNAISSANCES GÉOLOGIQUES SUR QUELQUES PAYS LIMITROPHES DE L'INDO-CHINE. 51
I. *Yunnan* 51
II. *Siam* 52
III. *Ile de Hai-Nan* 52
IV. *Observation au sujet de la direction générale des strates dans le Yunnan méridional et en Indo-Chine* 53
Index alphabétique des noms portés sur la carte I 54

ESQUISSE
d'une
Carte géologique du Tonkin

d'après les récentes reconnaissances du Service géologique et des officiers du Service géographique de l'Indo-Chine.

par

H. Lantenois

Ingénieur en Chef des Mines.
Directeur du Service géologique et des Mines de l'Indo-Chine.

Echelle : 1/1 500 000

TABLEAU D'ASSEMBLAGE
des feuilles topographiques à 1/100000

Gravé chez L. Wuhrer.

MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

Quatrième Série — Tome premier — Mémoire n° 5

NOTE

SUR LA

GÉOLOGIE DU CAMBODGE ET DU BAS-LAOS

PAR

René de LAMOTHE

PARIS

AU SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

28, Rue Serpente, VI

—

1907

NOTE SUR LA GÉOLOGIE DU CAMBODGE ET DU BAS-LAOS

On peut observer dans ces régions les formations suivantes :

1° Des terrains anciens antécarbonifères traversés par des masses cristallines (granite, diorite);

2° Des calcaires carbonifères (?);

3° Trias, avec venues porphyriques;

4° Des épanchements-basaltiques récents.

Terrains antécarbonifères. — Ils sont représentés par une série de couches qui apparaissent fortement redressées ou plissées à travers le Trias et les alluvions de la région des lacs et du Mékong. Ils ont été traversés en plusieurs points et plus ou moins métamorphisés par des masses cristallines.

Au Cambodge, ils occupent une zone d'une centaine de kilomètres de large, parallèle au Toulé-Sap, (ou Grand-Lac), entre Pursat et Kampot. Dans la plaine alluviale, ils se montrent sous forme de monticules isolés (quartzites et granulites au Pnom-Basset). Vers l'Ouest, on peut voir, dégagés du manteau d'alluvions, des bancs de schistes noirâtres, des grès gris à grain fin, quelques rares bancs de calcaires noir ou gris bleuâtre, fortement redressés de part et d'autre d'un axe granitique orienté N.N.O.-S.S.E. Ces granites (normaux ou amphiboliques) qui atteignent au Phnom-Kchol, vers le Nord, 800 mètres d'altitude, s'ennoient vers le Sud. A leur contact, les schistes et les grès ont donné par métamorphisme des gneiss, des quartzites, des quartzophyllades. Plus à l'Ouest, les terrains anciens disparaissent sous les grès triasiques qui forment le plateau cambodgien. Je n'y ai trouvé aucun fossile.

D'après les échantillons qui m'ont été remis, ils paraissent se montrer avec les mêmes caractères lithologiques en un assez grand nombre de points, dans la région comprise entre les lacs, le Mékong, les Dang-Rek, et dans la région située à l'Est du fleuve (pays des Peunongs et Darlac). On les rencontre également sur le Mékong, à l'île de Khôn et à Khong (gneiss et quartzites) ainsi que sur la Sékong inférieure qui recoupe des bancs de schistes et de quartzites orientés N.O.-S.E.

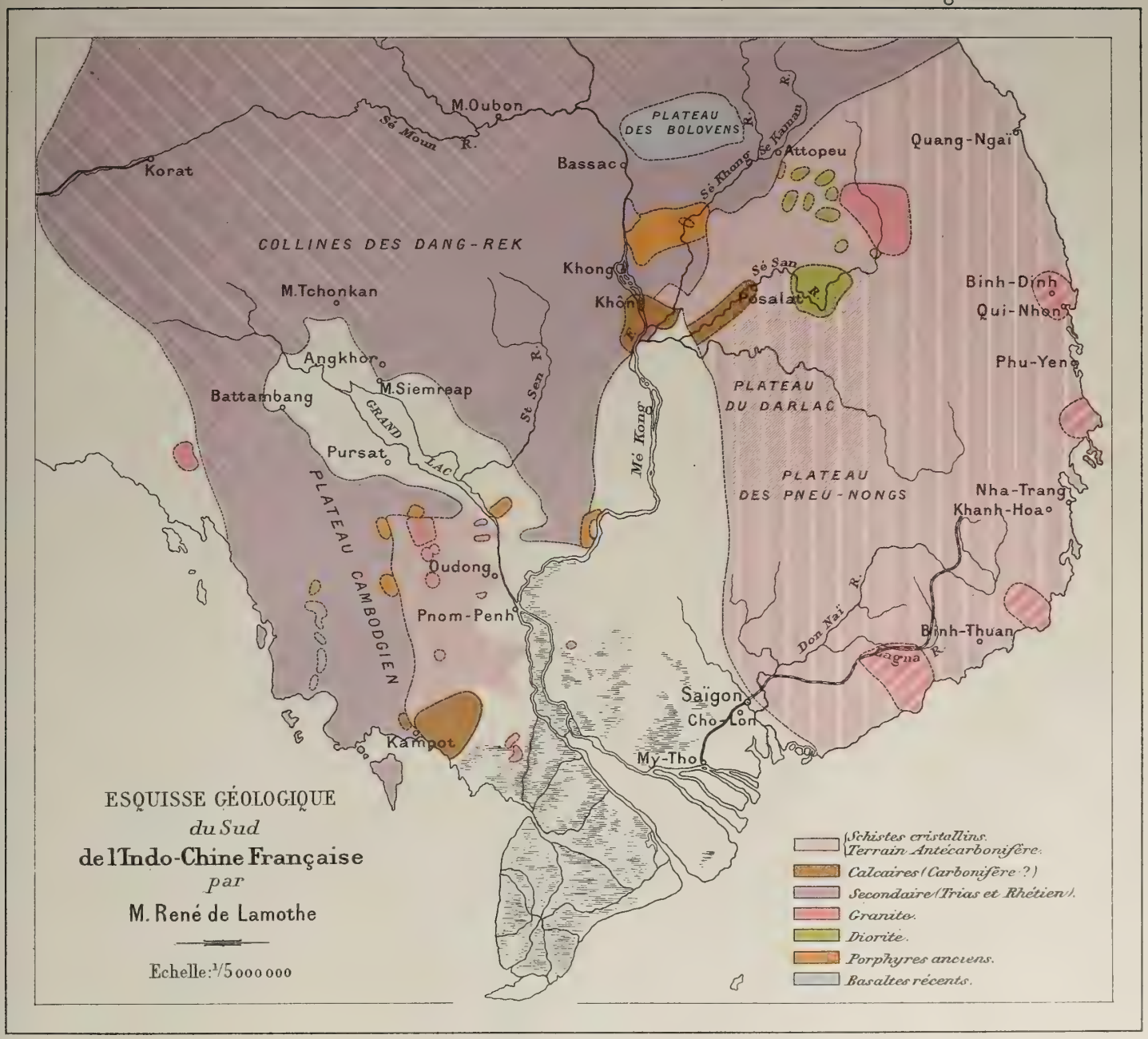
Entre la Sékaman et la Sésan moyenne (plateau Shalang et le pays des Lovés) ces terrains sont représentés par une large zone de talcschistes fortement plissés (orientés N.O.-S.E. ou N.N.O.-S.S.E.) comme au Cambodge. Ces talcschistes sont traversés à l'Est par de grandes masses granitiques avec auréoles gneissiques, vers l'Ouest et au centre, par de nombreuses venues dioritiques. Ce sont ces diorites pyriteuses qui ont donné naissance aux gisements d'or filoniens et alluvionnaires de cette région.

Calcaires carbonifères (?). — On trouve, d'une part au Cambodge dans la province de Kampot, d'autre part sur le Mékong (au Sud de Khôn) sur la Sékong inférieure et la Sésan inférieure jusqu'à Posalat (M. Marc Bel), deux grandes régions calcaires formées des mêmes calcaires gris-bleu que le Carbonifère du Tonkin et de l'Annam. Les bancs semblent, du moins pour quelques rares points du Cambodge et de la Sékong inférieure que j'ai pu étudier, être en discordance sur les terrains anciens tout en ayant leur axe de plissement orienté de la même manière que ceux-ci. Il semble que jusqu'à nouvel ordre on peut attribuer à ces calcaires un âge carbonifère, par analogie avec les calcaires tonkinois. D'après M. Bel ceux de la Sésan inférieure seraient fossilifères, mais je n'ai pas eu connaissance de déterminations précises.

Trias. — Une épaisse nappe de grès, *dont les bancs sont demeurés presque complètement horizontaux*, semble avoir recouvert autrefois d'une façon continue les formations précédentes. Les puissantes assises gréseuses (800 à 1200 mètres) du plateau cambodgien, des Dang-Rek, du plateau Boloven, reliées entre elles par les grès d'Angkor et de Choeung-Prey en sont autant de témoins. A part quelques bancs de schistes (Bassac, Houei-Vih) la masse est formée de grès versicolores plus ou moins fins avec poudingues de base. L'âge en est très probablement triasique d'après une Ammonite recueillie dans ces terrains par M. Bel et qui paraît pouvoir être identifié, au dire de M. H. Douvillé, avec le *Danubites himalayanus* du Trias inférieur de l'Inde, déterminé par M. Mansuy sur un échantillon recueilli par M. Counillon dans la région de Lang-Son (Tonkin). D'autres fossiles triasiques auraient été trouvés à l'Houei-Vih par les ingénieurs de la Société d'Attopeu.

Au milieu de ces grès apparaissent de grandes nappes porphyriques interstratifiées (mélaphyres, porphyres rouge). Bien qu'on rencontre un assez grand nombre de ces venues porphyriques dans la montagne cambodgienne, elles paraissent avoir pris leur plus grand développement entre la Sékong et le Mékong (Pou-Nafang). Au voisinage de ces porphyres se trouvent des sources thermales [Kampo (Bas-Laos), Bang-Te (Cambodge)] et des filons plombifères.

Basaltes récents. — Quelques coulées et petits plateaux basaltiques se rencontrent dans la montagne cambodgienne, principalement vers le golfe de Siam. Mais, comme pour les porphyres, le principal épanchement s'est produit dans le Bas-Laos, sur le plateau Boloven en grande partie recouvert par les basaltes qui ont coulé vers l'Est jusque dans les vallées des affluents de la Sékong. On peut rapprocher ces épanchements basaltiques de ceux qui ont été reconnus en Cochinchine (Bien-Hoa).



Gravé chez L. Wuhrer. Paris

Deuxième Série (1844-1877)

Tome I. — Première partie (1844) . . . . . Épuisé.

1. Rozet. Mémoire sur quelques-unes des irrégularités que présente la structure du globe terrestre. — 2. Rozet Mémoire sur les volcans de l'Auvergne avec un appendice sur les volcans d'Italie. — 3. L. Pilla. Traduit par L. Frapolli. Application de la théorie des cratères de soulèvement au volcan de Roccamonfina dans la Campanie.

Tome I. — Deuxième partie. . . . . Épuisé.

4. Thorent. Mémoire sur la constitution géologique des environs de Bayonne. — 5 Cornuel. Description des Entomostracés fossiles du terrain crétacé inférieur du département de la Haute-Marne, suivie d'indications sur la profondeur de la mer qui a déposé ce terrain. — 6. Viquesnel. Journal d'un voyage dans la Turquie d'Europe (deuxième partie). — 7. Studer. Mémoire géologique sur la masse des montagnes entre la route du Simplon et celle du Saint-Gothard. — 8. Leymerie. Mémoire sur le terrain à Nummulites (épicrétacé) des Corbières et de la Montagne-Noire.

Tome II. — Première partie (1846) . . . . . Épuisé.

1. D'Archiac. Études sur la formation crétacée des versants sud-ouest, nord et nord-ouest du Plateau central de la France (deuxième partie). — 2. L. Pilla. Sur la position géologique du terrain du Macigno en Italie et dans le midi de la France. — 3. L. Pilla. Nouvelles observations sur le terrain hétrurien. — 3 *bis*. S. Peace-Pratt. Sur la géologie des environs de Bayonne. — 4. D'Archiac. Description des fossiles recueillis par M. Thorent dans les couches à nummulites des environs de Bayonne.

Tome II. — Deuxième partie (1847) . . . . . Épuisé.

5. V. Raulin. Mémoire sur la constitution géologique du Sancerrois. — 6. J. Delbos Recherches sur la formation d'eau douce de la partie orientale du bassin de la Gironde 7. D'Archiac Rapport sur les fossiles du Tourtia légués par M. Léveillé à la Société.

Tome III. — Première partie (1848). . . . . Épuisé.

1. J. Marcou. Recherches géologiques sur le Jura Salinois. — 2. A. Boué. Essai sur la distribution géographique et géologique des minéraux, des minerais et des roches sur le globe terrestre avec des aperçus sur leur géogénie. — 3. J. Cornuel. Description de nouveaux fossiles microscopiques du terrain crétacé inférieur du département de la Haute-Marne. — 4 Saint-Ange de Boissy. Description des coquilles fossiles du calcaire lacustre de Rilly-la-Montagne, près Reims.

Tome III. — Deuxième partie (1850) . . . . . Épuisé.

5 Coquand. Description des terrains primaires et ignés du département du Var. — 6. D'Archiac. Description des fossiles du groupe nummulitique recueillis par MM S. Pratt et J. Delbos aux environs de Bayonne et de Dax. — 7. Alexandre Rouanet. Description des fossiles du terrain éocène des environs de Pau.

Tome IV. — Première partie (1851). . . . . Épuisé.

1. Bayle et Coquand. Mémoires sur les fossiles secondaires recueillis dans le Chili par M. I. Domeyko et sur les terrains auxquels ils appartiennent. — 2. A Rivière. Mémoire sur le terrain gneissique ou primitif de la Vendée. — 3 A. Leymerie. Mémoire sur un nouveau type pyrénéen parallèle à la craie proprement dite.

Tome IV. — Deuxième partie (1852) . . . . . Épuisé.

4. Bellardi, Sismonda, d'Archiac et Haime. Catalogue raisonné des fossiles nummulitiques du comté de Nice. — 5. Delesse. Recherches sur les roches globuleuses.

Tome V. — Première partie (1854) . . . . . Fr. 16

1. Coquand. Description géologique de la province de Constantine. 156 p , 4 pl. — 2. J. Haime. Description des Bryozoaires fossiles de la formation jurassique. 62 p., 6 pl.

Tome V. — Deuxième partie (1855). . . . . Fr. 24

3. Terquem. Paléontologie de l'étage inférieur de la formation liasique de la province de Luxembourg et de Hettange. 126 p., 1 pl. — 4. Hébert. Tableau des fossiles de la craie de Meudon et description de quelques espèces nouvelles (Première partie). 30 p., 3 pl.

Tome VI. — Première partie (1856) . . . . . Fr. 12

1. J. Durocher Etudes sur la structure orographique et la constitution géologique de la Norvège, de la Suède et de la Finlande. 208 p., 3 pl.

Tome VI. — Deuxième partie (1859) . . . . . Épuisé.

2. D'Archiac. Les Corbières. Études géologiques d'une partie des départements de l'Aude et des Pyrénées-Orientales. 238 p., 4 pl.

Tome VII (1860-1862).

1. J. Martin. Paléontologie stratigraphique de l'Infra-lias du département de la Côte-d'Or, suivie d'un aperçu paléontologique sur les mêmes assises dans le Rhône l'Ardèche et l'Isère (Epuisé). — 2. Michelin. Monographie des Clypéastres fossiles. 48 p., 28 pl. (Fr. 6.) — 3. Albert Gaudry. Géologie de l'île de Chypre (Epuisé).

Tome VIII (1865-1868). Complet. . . . . Fr. 24

1. Terquem et Piette — Le Lias inférieur de l'Est de la France, comprenant la Meurthe, la Moselle, le Grand-Duché de Luxembourg, la Belgique et la Meuse. 176 p., 18 pl. (Fr. 12.) — 2. E Brossard Essai s r la constitution physique et géologique des régions méridionales de la subdivision de Sétif (Algérie). 114 p., 3 pl. (Fr. 4.) — 3. G. de Saporta. Prodrome d'une flore fossile des travertins anciens de Sézanne. 150 p., 15 pl. (Fr. 8)

Tome IX (1871-1873). Complet . . . . . Fr. 24

1. Terquem et Jourdy. Monographie de l'étage bathonien dans le département de la Moselle. 176 p., 15 pl. (Fr. 10) — 2. G. Cotteau. Notice sur le genre *Asterostoma*. 8 p., 2 pl. (Fr. 1) — 3. H. Magnan. Mémoire sur la partie inférieure du terrain de craie des Pyrénées françaises et des Corbières 82 p., 2 tabl., 2 pl. (Fr. 4). — 4. A. Toucas. Sur les terrains crétacés des environs du Bausset (Var). 66 p., 1 carte. (Fr. 4) — 5 P Gervais. Mémoire sur plusieurs espèces de Mammifères fossiles propres à l'Amérique méridionale. 44 p , 9 pl. (Fr. 6.)

Tome X (1874-1877). Complet . . . . . Fr. 24

1. H. Magnan. Matériaux pour une étude stratigraphique des Pyrénées et des Corbières. Les roches ophitiques et les terrains qui les renferment. Remarques sur la formation des montagnes pyrénéennes et corbiérennes, et notamment sur l'importance des failles et des érosions (Mémoire posthume). 112 p., 4 pl. (Fr. 6.) — 2 H.-E. Sauvage. Mémoire sur les Dinosauriens et les Crocodiliens des terrains jurassique de Boulogne-sur-Mer. 64 p , 6 pl. (Fr. 6.) — 3. Terquem et Berthelin. Etude microscopique des marnes du Lias moyen d'Essey-lez-Nancy, zone inférieure de l'assise à *A. margaritatus*. 136 p., 10 pl. (Fr. 6.) — 4. H. Arnaud. Mémoire sur le terrain crétacé du sud-ouest de la France. 110 p., 3 tabl., 8 pl. (Fr. 8.)

MÉMOIRES DE GÉOLOGIE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE

(Voir le sommaire de la première et de la deuxième série sur les pages 2 et 3 de la couverture).

Troisième Série (1877-1890)

Tome I (1877-1880). Complet . . . . . Fr. 24

1. H.-E Sauvage. Mémoire sur les *Lepidotus maximus* et *L. palliatus*, 39 p., 2 pl. (Fr. 4.) — 2. P. Fischer. Paléontologie des terrains tertiaires de l'île de Rhodes (avec la collaboration de MM. Cotteau, Manzoni et Tournouër). 78 p., 3 pl. (Fr. 6.) — 3. O. Terquem. Les Foraminifères et les Entomostracés Ostracodes du Pliocène supérieur de l'île de Rhodes. 136 p., 14 pl. (Fr. 6). — 4. H.-E. Sauvage et F. Liénard. Mémoire sur le genre *Machimosaurus*. 32 p., 4 pl. (Fr. 4.) — 5. Berthelin. Mémoire sur les Foraminifères de l'étage albien de Montcley (Doubs). 84 p., 2 tabl., 4 pl. (Fr. 6.)

Tome II (1881-1882). Complet . . . . . Fr. 24

1. D. Œhlert. Documents pour servir à l'histoire des faunes dévoniennes dans l'ouest de la France. 38 p., 6 pl. (Fr. 6.) — 2. J. de Morgan. Mémoire sur les terrains crétacés de la Scandinavie. 48 p., 2 pl. (Fr. 4.) — 3. Terquem. Les Foraminifères de l'Éocène des environs de Paris. 104 p., 20 pl. (Fr. 10.) — 4. H.-E. Sauvage. Recherches sur les Reptiles trouvés dans le Gault de l'Est du bassin de Paris. 42 p., 4 pl. (Fr. 4.)

Tome III (1883-1885). Complet. . . . . Fr. 24

1. Cossmann et Lambert. Étude paléontologique et stratigraphique sur le terrain oligocène marin des environs d'Étampes. 188 p., 1 tabl., 6 pl. (Fr. 10). — 2. Ph. Thomas. Recherches stratigraphiques et paléontologiques sur quelques formations d'eau douce de l'Algérie. 54 p., 1 tabl., 5 pl. (Fr. 4). — 3. Cossmann. Contribution à l'étude de la faune de l'étage bathonien en France (Gastropodes). 374 p., 18 pl. (Fr. 12.)

Tome IV (1885-1887). Complet . . . . . Fr. 30

1. Terquem. Les Entomostracés Ostracodes du système oolitique de la zone à *Am. Parkinsoni* de Fontoy (Moselle). 46 p., 6 pl. (Fr. 4.) — 2. Terquem. Les Entomostracés Ostracodes du Fuller's Earth des environs de Varsovie. 112 p., 12 pl. (Fr. 6.) — 3. C. Grand'Eury. Formation des couches de houille et du terrain houiller. 196 p., 10 pl. (Fr. 20.)

Tome V (1888-1890). Complet . . . . . Fr. 30

1. H. Filhol. Etudes sur les Vertébrés fossiles d'Issel (Aude). 186 p., 21 pl. (Fr. 16.) — 2. G. Cotteau. Échinides éocènes de la province d'Alicante (deux parties). 107 p., 16 pl. (Fr. 14.)

Quatrième Série (en cours)

Tome I.

1. A. Dollot, P. Godbille et G. Ramond. Les grandes plâtrières d'Argenteuil (Seine-et-Oise). Historique, génèse et distribution des formations gypseuses de la région parisienne. 48 p., 7 fig., 4 pl. (Fr. 5.) — 2. P.-L. Prever. Aperçu géologique sur la colline de Turin. 48 p., 7 fig., 1 carte. (Fr. 8.) — 3-4-5. G. Zeil. Contribution à l'étude géologique du Haut-Tonkin. H. Lantenois. Note sur la géologie de l'Indo-Chine. René de Lamothe. Note sur la géologie du Cambodge et du Bas-Laos. 80 p., 1 pl., 3 cartes.